

**GfV Gesellschaft
für Vermögensverwaltung AG**
Flamingoweg 1 · 44139 Dortmund

Schlussbericht

gemäß Ziffer 8.2 NKBF 98

**Verbundprojekt:
Anwendung von Reinigungswänden für die Sanierung von
Altlasten, RUBIN II**

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

durch das Forschungszentrum Karlsruhe GmbH mit dem

Förderkennzeichen:

02WR0776

Berichtszeitraum:

01.04.2006 bis 30.08.2007

Dortmund, 28.02.2008

Inhalt

Seite

Teil I: Kurzdarstellung.....	1
1. Aufgabenstellung	1
2. Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben (partiell) durchgeführt wurde	4
3. Planung und Ablauf des Vorhabens	10
4. Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde	22
5. Literatur.....	32
6. Zusammenarbeit mit anderen Stellen.....	42
Teil II: Eingehende Darstellung.....	44
1. Verwendung der Zuwendungen und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen mit Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele.....	44
1.1. Zusammenfassung der Ergebnisse zu Untersuchungen zum Einsatz von Aktivkohlen	48
1.1.1. Allgemeine Charakteristik des Sanierungsgebietes	48
1.1.2. Ergebnisse zu den Kleinsäulenversuchen mit Realwasser auf dem Sanierungsgebiet und den Adsorptionsversuchen mit den verwendeten Aktivkohlen:.....	48
1.1.3. Standzeiten und Empfehlungen der zu verwendenden Aktivkohlen.....	49
1.1.4. Versuchscontainer auf dem Altlastgelände.....	50
1.1.5. Ergebnisse der Untersuchungen mit dem Versuchscontainer	51
1.1.6. Batchversuche zur Bestimmung der Freundlich- Adsorptionsisotherme von 2-Methylchinolin, Benzol und Naphthalin	53
1.2. Grundwassermodellierung	55
1.3. Baugrunduntersuchung	68
1.4. Dichtwandplanung	68
1.5. Ergebnisse der naturschutzrechtlichen Eingriffsbilanzierung und der FFH-Prüfung.....	73
1.6. Ergebnisse der Elektro-, Mess- und Regeltechnik Planung.....	75
1.6.1. Planung Leit- und Messtechnik	76
1.6.2. Elektrotechnik.....	78

1.6.3.	Ablauf des Austausches der Aktivkohle.....	79
1.7.	Erstellung der Ausschreibungsunterlagen.....	81
2.	Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises	82
3.	Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit.....	83
4.	Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere der Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans.....	83
5.	Während der Durchführung des Vorhabens der GfV AG bekannt gewordener Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen.....	84
6.	Erfolgte bzw. geplante Veröffentlichung des Ergebnisses	85
Berichtsblätter		86

Abbildungen

	Seite
Abbildung 1: Historisches Luftbild der Zeche und Kokerei Lünen Victoria 1/2.....	2
Abbildung 2: Sanierungsgebiet (rote Linie) Victoria 1/2 in Lünen [google maps bearbeitet]	6
Abbildung 3: Lage der Bergehalde (braune Fläche) und des Geländeeinschnittes („Canyon“) (blaue Fläche)	6
Abbildung 4: Prinzipschema der Belastungs- und Schadstoffsituation am Standort Lünen Victoria 1/2 [delta h]	9
Abbildung 5: Schadstoffbelastung am Standort Lünen Victoria 1/2 [Altenbockum & Partner]	10
Abbildung 6: Dichtwandtrasse (rote Linie) mit Dränagen (blaue Linien) und Kontaminationsbereich (gelbe Linien) [delta h]	12
Abbildung 7: Aufbau der Dränagen vor der Dichtwand [Altenbockum & Partner]	14
Abbildung 8: Sammelschächte an den Enden der Dränage [Altenbockum & Partner]	15
Abbildung 9: Lage der zentralen Aufbereitungsanlage (rote Fläche) [Altenbockum & Partner, bearbeitet]	16
Abbildung 10: Schnitt durch die geplante Aufbereitungsanlage [Altenbockum & Partner Geologen]	16
Abbildung 11: Draufsicht der Aufbereitungsanlage [Altenbockum & Partner]	17
Abbildung 12: Funktionsprinzip der Grundwasserreinigung [delta h]	18
Abbildung 13: Zeitplanung der Grundwassersanierungsmaßnahme	20
Abbildung 14: Schematischer Aufbau einer vollständigen durchströmten Reinigungswand [ITVA, 1999]	24
Abbildung 15: Einsatz einer vollständig durchströmten Reinigungswand (CRB) für die Reinigung von PCE, TCE, DCE (je ca. 500 µg/l) und VC (1.900 µg/l) mittels Eisen-Granulat-/Sand-Gemisch in Somersworth Sanitary Landfill [Krug]	25
Abbildung 16: Grundprinzip des Funnel and Gate Verfahrens [Steffensen]	26
Abbildung 17: Herstellungsabfolge mit dem MIP-Verfahren erstellten Wand [delta h]	31
Abbildung 18: Säulenaufbau im Versuchscontainer am Standort Lünen [Uni Lüneburg]	51
Abbildung 19: Substanzfronten innerhalb der Technikumssäule im Versuchsverlauf [Uni Lüneburg]	52
Abbildung 20: Freundlich-Adsorptionsisotherme der Substanz 2-Methylchinolin [Uni Lüneburg]	54

Abbildung 21: Freundlich-Adsorptionsisothermen der Substanzen Benzol und Naphthalin [Uni Lüneburg].....	54
Abbildung 22: Verfüllung Canyon [Δh].....	60
Abbildung 23: Elementnetz des numerischen 3D-Grundwassersmodells [Δh].....	62
Abbildung 24: Elementnetz, innerer Modellbereich [Δh]	63
Abbildung 25: Schematischer vertikaler Modellaufbau [Altenbockum & Partner]	64
Abbildung 26: Vertikalschnitt mit Unterströmung der Dichtwand durch die Verwitterungsschicht des Mergels als Schlierenbild [Δh].....	65
Abbildung 27: Vertikalschnitt ohne Unterströmung der Dichtwand als Schlierenbild [Δh]	66
Abbildung 28: Schematisches Bilanzmodell der Sanierungsmaßnahme unter ungünstigen Randbedingung bezüglich der Durchlässigkeit der Verwitterungszone [Δh]	67

Tabellen

	Seite
Tabelle 1: Zusammenfassung der Planungsgrundlagen [Altenbockum & Partner, Sanierungsplan Grundwassersanierung].....	7
Tabelle 2: Beiratssitzungen	22
Tabelle 3: Bewertung der geleisteten Arbeiten hinsichtlich der vorgegebenen und erzielten Ergebnisse.....	44
Tabelle 4: Eigenschaften der Drainagegräben [Δh]	61
Tabelle 5: Hydrogeologische Kennwerte [Δh]	63
Tabelle 6: Zusammensetzung der Dichtwandsuspensionen [IGH Grundbauinstitut]	70
Tabelle 7: Zusammensetzung der Dichtwandmassen [IGH Grundbauinstitut, geändert].....	71
Tabelle 8: Eigenschaften der frisch aufbereiteten Dichtwandmasse [IGH Grundbauinstitut, geändert]	71
Tabelle 9: Eigenschaften der abgebundenen Dichtwandmassen [IGH Grundbauinstitut, geändert]	72

Teil I: Kurzdarstellung

1. Aufgabenstellung

Gemäß einer industriehistorischen Recherche¹ befinden sich auf dem zu sanierenden Gebiet der ehemaligen Zeche und Kokerei Victoria 1/2 in Lünen Teilbereiche der ehemaligen Koks-
ofenbatterie sowie Nebenproduktionsanlagen wie Ammoniak-Fabrik, Naphthalin- und Benz-
zolfabrik und die Entphenolungsanlage. Weitere Nebenproduktionsbereiche mit erheblichem
Schadstoffpotential sind Kondensatbehälter/Teerabscheider und die Teersenke sowie die im
östlichen Geländebereich gelegenen alten Klärteiche. Die dokumentierten Ablagerungen
sind überwiegend unsystematisch. Gemäß der vorliegenden Luftbildauswertung der indust-
riehistorischen Recherche handelt es sich dabei um bergbautypisches Material (Berge, Koh-
le, Koks).

Die Geschichte von Victoria 1/2 geht auf das Jahr 1870 zurück, in dem durch die Gesell-
schaft Schlägel und Eisen Mutungsbohrungen durchgeführt wurden. In der Zeit zwischen
1873 und 1879 erfolgte die Verleihung von 15 Grubenfeldern und die Konsolidierung der
Berechtsame zu Victoria. Ab 1907 wurde mit den Abteufarbeiten für die zwei Schächte und
der Errichtung von Werkstätten, Maschinenhäusern, Büro- und Kauengebäude, eines Kes-
selhauses sowie einer Kohlenwäsche begonnen. 1910 wird die zuvor eigenständige Ge-
werkschaft Victoria von der Harpener Bergbau-AG in Dortmund übernommen. 1911 erfolgte
der Bau der Kokerei und der Nebengewinnungsanlagen. In den Jahren 1913 bis 1927 erfolg-
te eine sukzessive Erweiterung der Anlage unter anderem mit dem Bau einer Benzolfabrik
und der Erweiterung der Kokerei mit Otto-Regenerativ-Öfen. 1940 geht die Zeche Victoria in
den Besitz der Steinkohlengewerkschaft der Reichswerke (später Märkische Steinkohlenge-
werkschaft Heessen in Westfalen) über. Ende 1944 und Anfang 1945 wird Victoria durch
schwere Bombenangriffe stark beschädigt, so dass große Teile der Anlage still liegen. 1946
werden Förderung und Produktionsbetrieb wieder aufgenommen und in den Folgejahren
werden umfangreiche Modernisierungen und Erweiterungen der Anlage vorgenommen.

¹ Plan-Zentrum Umwelt, Herne, MSP, Dortmund, 1995



Abbildung 1: Historisches Luftbild der Zeche und Kokerei Lünen Victoria 1/2

1957 erwirbt die Harpener Bergbau-AG im Rahmen eines Schiedsgerichtsverfahrens die Zeche Victoria von der Märkischen Steinkohlegewerkschaft wieder zurück. 1960 werden die Kokerei- und Nebengewinnungsanlagen stillgelegt. Am 10.04.1964 wurde das Bergwerk im Zuge einer weiteren Konzentration der Zechenstandorte stillgelegt. Bis 1967 werden große Teile der zur Anlage gehörenden Gebäude abgebrochen. Die Flächen der produktionsbezogenen baulichen Einrichtungen und Ablagerungen wurden in späteren Jahren durch das Umklappen einer vormals im Süden und Westen abgelagerten Bergehalde komplett überdeckt. Heute ist das Gelände weitgehend von baulichen Einrichtungen geräumt und bietet das Bild einer Sukzessionsfläche mit überwiegendem Birken-, Erlen- und Weidenbewuchs. Ein Teil der Fläche entlang der Lippe ist als Naturschutzgebiet bzw. Landschaftsschutzgebiet ausgewiesen.

Aufgrund der bekannten historischen Nutzung des Geländes wurde im Auftrag der GfV AG (früher Harpen AG) eine Sanierungsuntersuchung durchgeführt. Im Rahmen dieser Untersuchung für das im Besitz der GfV AG (früher: Harpen AG) befindliche Gelände der ehemaligen Zeche und Kokerei Victoria 1/2 in Lünen wurde eine durch polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) und BTEX-Aromaten gekennzeichnete Grundwasserbelastung im

oberen, quartären Grundwasserleiter nachgewiesen, für die ein Sanierungsbedarf zur Unterbindung eines Schadstoffaustrags in den Vorfluter Lippe besteht. Ein Schadstoffaustrag in die Lippe ist nachhaltig und sicher zu unterbinden.

Im Hinblick auf die notwendige Grundwassersanierung wurde als Grundlage der Verfahrensauswahl eine hydraulische Standortmodellierung durch das Büro „delta h Ingenieurgesellschaft mbH“, Dortmund, durchgeführt, mittels der die hydraulische Verfahrenseignung verschiedener technischer Lösungen für die Grundwassersanierung nachgewiesen werden konnte. Die Variantendiskussion zur hydraulischen Sanierung ergab, dass unter Kosten-Nutzen-Kriterien, unter technischen Gesichtspunkten und unter Berücksichtigung der Laufzeit von mehreren Jahrzehnten, das Verfahren einer Reinigungswand mit starker Lenkung der Grundwasserströmung und effizienter Kontrollmöglichkeit der hydraulischen Auswirkungen und des Aufbereitungsprozesses für den Standort ein geeignetes Verfahren darstellt. Die Sanierungsuntersuchung hatte als Alternativen zur Reinigungswand (Dichtwand) noch eine Brunnengalerie, eine Lösung mit Horizontalbrunnen und Dränageschächte in Betracht gezogen.

Ziele des beantragten Forschungsvorhabens waren die Überprüfung der PAK- und hetero-PAK-Retardation im Full-Scale-Betrieb an einer gelenkten, gut kontrollierbaren Aktivkohle-Reinigungswand in Schachtbauweise. Im Einzelnen sollten:

- das in der Planungsphase erstellte Grundwassermodell zur Sicherstellung einer vollständigen Schadstofffassung überprüft und validiert werden,
- eine optimale Aufbereitungstechnik entwickelt sowie die Funktion des Schachtreaktorsystems mit bestehenden Anlagen zur Ableitung allgemeiner Kriterien zur Bauweise verglichen werden, die Einflüsse bei Fließumkehr infolge eines Hochwassers des in unmittelbarer Nähe vorbei fließenden Vorfluters überprüft werden,
- zur Ermittlung der Standzeiten verschiedene Aktivkohlesorten in Abhängigkeit von Aktivkohlevolumen und Schadstoffkonzentration überprüft werden, Untersuchungen des mikrobiellen Einflusses auf die Abbautätigkeit durch die Zugabe von Nährstoffen (Stickstoff, Kalium und Phosphor) sowie Wasserstoffperoxyd durchgeführt werden,
- die Effizienz einer Reinigungswand in Aktivkohle-Schachtbauweise zur Eliminierung von PAK, deren Metaboliten und der polaren N, O, S-Hetero-PAK ermittelt und optimiert werden,

- die Dimensionierung der Anlage ermittelt werden,
- die Umweltverträglichkeit geprüft werden und
- ein Abgleich und eine Ergänzung des Handbuchs „Reinigungswände“ bezogen auf die Bereiche Planung, Ausführung und Betrieb hinsichtlich der gemachten Erfahrungen und Ergebnisse des Vorhabens erfolgen.

Ziel des Vorhabens war die PAK- und Hetero-PAK-Retardation im Full-Scale-Betrieb an einer gelenkten, gut kontrollierbaren Reinigungswand zu realisieren. In Voruntersuchungen wurde das in der Planungsphase erstellte Grundwassermodell zur Sicherstellung einer vollständigen Schadstofffassung überprüft und validiert. Es wurde eine optimale Aufbereitungstechnik entwickelt und übertragbare Kriterien zur Bauweise abgeleitet. Zur Ermittlung der optimalen Standzeiten wurden verschiedene Aktivkohlesorten in Abhängigkeit von Aktivkohlevolumen und Schadstoffkonzentration überprüft und Untersuchungen zum mikrobiellen Einfluss auf die Abbautätigkeit durch die Zugabe von Nährstoffen sowie Wasserstoffperoxyd durchgeführt. Die Arbeitsplanung erfolgte mittels Strukturplanung und Meilensteinen. Die Ergebnisse und Erfahrungen des Forschungsvorhabens sollten zum Abgleich und der Fortschreibung des Handbuches „Reinigungswände“ bezogen auf die Bereiche Planung, Ausführung und Betrieb genutzt werden, womit die Grundlage für den Einsatz von Reinigungswänden für die Altlastensanierung sowie das Flächenrecycling geschaffen werden sollte.

Die GfV AG hat jedoch aus unternehmensinternen Gründen beschlossen, das Projekt nicht weiter fortzuführen und hat dieses mit Wirkung zum 30.08.2007 vorzeitig beendet, so dass die Reinigungswand zwar vollständig geplant ist, jedoch eine Ausführung der Baumaßnahme und somit auch der Betrieb der Reinigungswand nicht erfolgen wird.

2. Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben (partiell) durchgeführt wurde

Die durchgeführte Sanierungsuntersuchung der ehemaligen Zeche und Kokerei Victoria 1/2 hat eine großflächige Grundwasserkontamination nachgewiesen. Im Rahmen der Sanierungsuntersuchung wurde der Schaden nach Art und Umfang gemäß den landesspezifischen Vorgaben ermittelt. Hinsichtlich der Grundwasserkontamination wurde eine Sanierungsmaßnahme geplant, die den Schadstoffaustrag in den Vorfluter Lippe nachhaltig und sicher unterbindet.

Das angestrebte Ziel der Reinigungsleistung war die Einhaltung der folgenden standortspezifischen Reinwasserparameter des Mischwassers des Sanierungsanlagenablaufes bei der Direkteinleitung in die Lippe:

- Summe BTEX-Aromaten $\leq 30 \mu\text{g/l}$,
- Benzol, Ethylbenzol und Toluol als Einzelstoffe $\leq 10 \mu\text{g/l}$,
- Summe PAK nach EPA ohne Naphthalin $\leq 0,2 \mu\text{g/l}$,
- Naphthalin $\leq 1 \mu\text{g/l}$.

Diese Grenzwerte wurden im Sanierungsverlauf ggf. unter Berücksichtigung des verfahrenstechnischen Aufwands und der hydraulischen Anforderungen an die Adsorbierbarkeit überprüft.

Das Betriebsgelände der ehemaligen Schachanlage Victoria 1/2 liegt im östlichen Randbereich der Stadt Lünen. Das ursprünglich 47 ha große Grundstück verteilt sich auf einen bis Ende 2001 bergbaulich genutzten Anteil der Deutschen Steinkohle AG (DSK) im Nordosten und eine ca. 29 ha große Fläche der GfV AG (früher Harpen AG) im Westen. Auf dem GfV-Gelände befindet sich eine unter Bergaufsicht stehende Bergehalde mit ca. 450.000 m³ Bergematerial (siehe Abbildung 3, braune Fläche). Der südliche Bereich des Geländes entlang des Vorfluters Lippe ist als Landschaftsschutz- bzw. Naturschutzgebiet ausgewiesen. Ein Teil dieser Fläche ist im Besitz des Lippeverbandes. An der östlichen Gebietsgrenze befindet sich ein Geländeeinschnitt, der im Projekt als Canyon bezeichnet wurde (siehe Abbildung 3, blaue Fläche). Das Sanierungsgebiet ist in Abbildung 2 dargestellt.

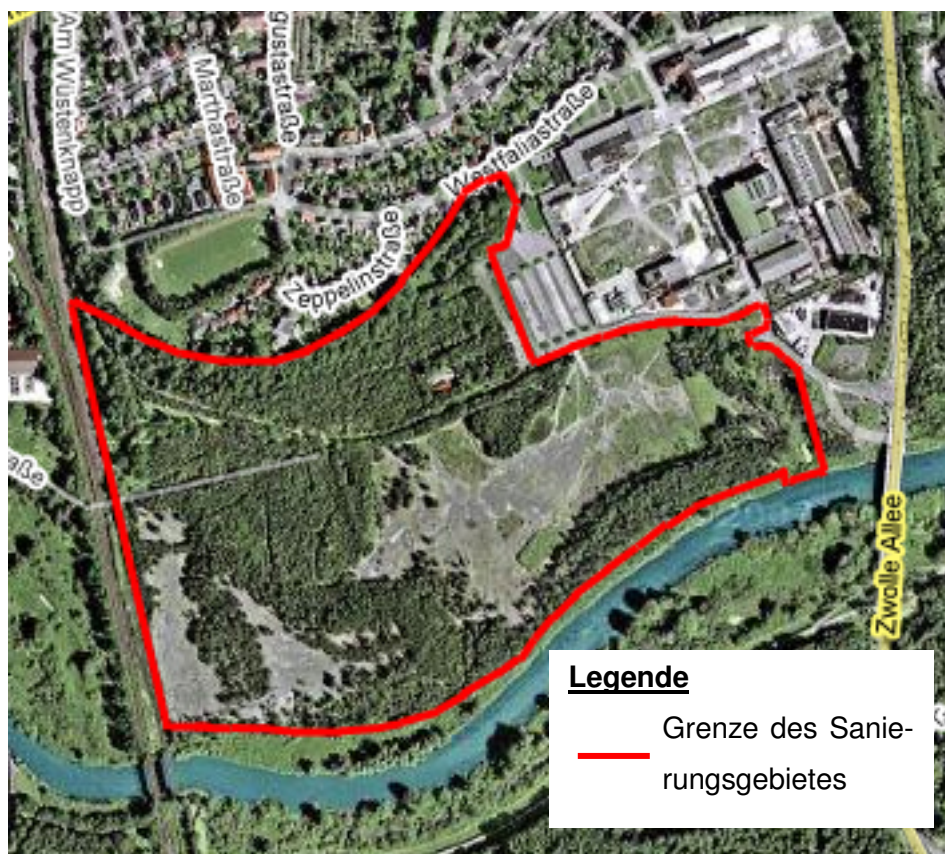


Abbildung 2: Sanierungsgebiet (rote Linie) Victoria 1/2 in Lünen [google maps bearbeitet]

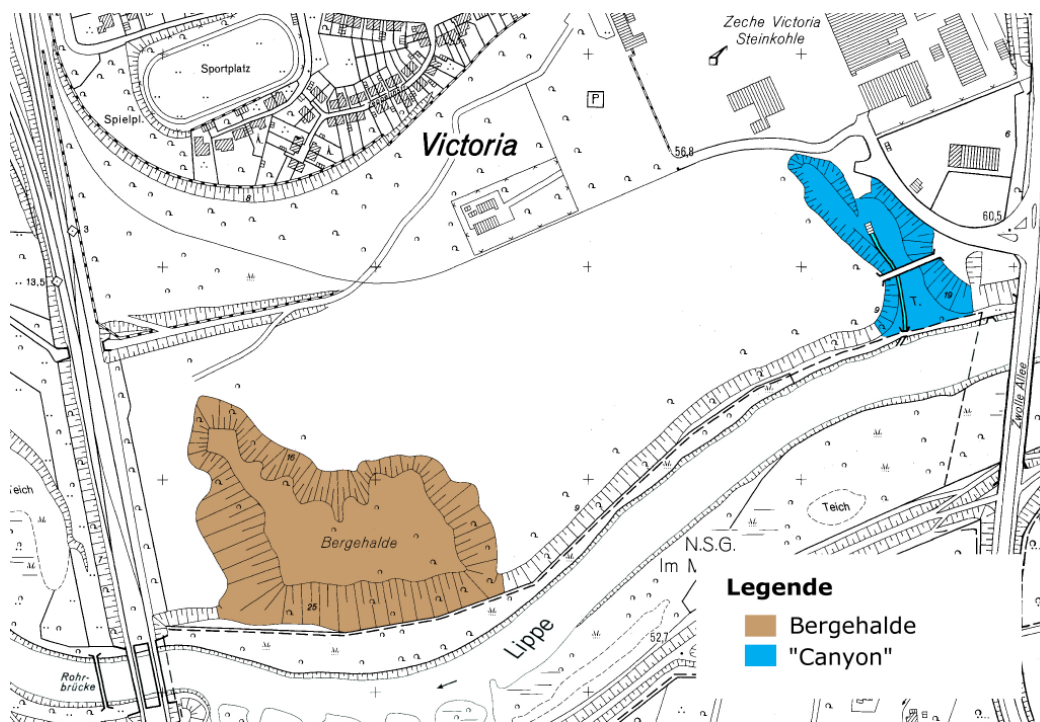


Abbildung 3: Lage der Bergehalde (braune Fläche) und des Geländeeinschnittes („Canyon“) (blaue Fläche)

Die folgende Tabelle 1 fasst die Planungsgrundlagen zusammen.

Tabelle 1: Zusammenfassung der Planungsgrundlagen [Altenbockum & Partner, Sanierungsplan Grundwassersanierung]

Geologischer Aufbau	Bodenaufbau: • Im zentralen Standortbereich Auffüllung aus Bergematerial, im Sanierungsbereich in der Lippeau nur lokal geringmächtige Auffüllungen • Quartäre Terrassensedimente (Schluffe und Tone 0,5 bis 1 m Mächtigkeit, schluffige Fein- bis Mittelsande ca. 4,5 bis 6,5 m Mächtigkeit, z.T. Torfeinlagerungen) • Lokal Geschiebemergel (quartäre Eiszeitablagerungen, tonig-schluffig, lithologisch schwer vom Emscher Mergel unterscheidbar) • Emscher Mergel als Tonmergel im Liegenden der Terrassensedimente
Hydrogeologische Verhältnisse	Trennung in zwei Einheiten • oberer GW-Horizont (freies GW) mit geringer bis mittlerer Ergiebigkeit • unterer GW-Horizont (gespanntes GW) mit geringer Ergiebigkeit
Hydraulische Kenndaten und Grundwasserleiter Angaben	• oberer GW-Horizont (Quartär, Porengrundwasserleiter) - mittlerer Durchlässigkeitsbeiwert $k_f = 1 \times 10^{-4}$ m/s - Nutzporosität (angenommen) $n_f = 0,1-0,15$ (10%-15%) - Hydraulischer Gradient $I_0 = 0,01 - 0,04$ - Fließrichtung: SE bis SW - GW-Flurabstand: 7,5 – 10 m im Zentrum, 1 – 1,6 m im Bereich der Lippe mit Überströmung bei Lippe-Hochwasser - GW-Spiegelschwankung: 2 bis 3 m - Aquifermächtigkeit: 4 bis 6 m - Abstandsgeschwindigkeit: $v_a = 1,4 - 1,6$ m/d d.h. max. 580 m/Jahr - Gesamte zu erfassende Abstrombreite im Belastungsbereich ca. 440 m - Vom Untersuchungsgebiet abströmende belastete Grundwassermenge: 280 m³/d im Zentrum und 70 m³/d im Osten • Trennschicht (Grundwassernichtleiter bis –hemmer) - Lithologisch einheitliche und hydraulisch vergleichbar wirkende Lage aus quartärem Geschiebemergel und am Top verlehnten Kreidemergel - Mächtigkeit ca. 3 – 5 m
Grundwasserbelastung	• Standort/direkter Abstrom oberer GW-Horizont (Quartär): - PAK-Belastungen 5.000 bis max. > 100.000 µg/l - BTEX-Belastungen 300 bis max. 50.000 µg/l • Abstrom oberer GW-Horizont (Quartär) im Sanierungsgebiet - PAK-Belastung bis 1.000 µg/l, i.M. 200 µg/l, keine Phase

	- Hauptkomponente Acenaphthen (50-95%) - BTEX-Belastungen bis 2.000 µg/l, i.M. 200 µg/l, keine Phase - Hauptkomponente Benzol (bis 85%) - Einzelwerte mit erhöhten Phenol-Gehalten im Osten des Sanierungsgebietes • Schadstofffahne PAK im Quartär: - 4 Einzelfahnen differenzierbar, Gesamtbreite ca. 420 m, Länge bis 360 m • Schadstofffahne BTEX im Quartär: - 3 Einzelfahnen differenzierbar, Zentralfahne bis ca. 280 m Breite und bis 320 m Länge, Ostfahne mit ca. 50 m Breite und bis 150 m Länge • Berechneter Schadstoffaustrag aus Quartär in die Lippe: - Aus Quartär in die Lippe: 70 g/d EPA-PAK und 30 g/d BTEX
Allgemeine Grundwasserbeschaffenheit	- Eisen-Gehalte: im Anstrom: 0,4-2,6 mg/l, vereinzelt max. 13-38 mg/l, bei Pumpversuch max. 7,6 mg/l, i.d.R. < 1 mg/l - Mangan-Gehalte: bis 6 mg/l, im Westen Einzelwert von 28 mg/l, bei Pumpversuch max. 3 mg/l, i.d.R. 1,2 mg/l - DOC-Gehalte: 2-25 mg/l, bei Pumpversuch oft bei 24 mg/l - Sulfat-Gehalte um 1.000 mg/l - Geruchsproblematik im Schadenszentrum
Grundwasserbeschaffenheit im Bereich der Dichtwand	- Phenol-Index, EOX, strippbares org. Halogen und Nitrit (N) sind in keinem Pegel im Bereich der Dichtwand nachweisbar. - Abdampfdruckstand zwischen 1900 und 5000 mg/l - Carbonathärte zwischen 5 und 9 mmol/l, heraus fällt hier nur 23Q mit 11 mmol/l - Basekapazität pH 8,2 zwischen 0,32 und 1,7 mmol/l - Säurekapazität pH 4,3 zwischen 10 und 18 mmol/l, heraus fällt hier 23Q mit 23 mmol/l - leicht freisetzbare Sulfid zwischen n.n. und 19 mg/l - BSB-5 mit Werten von 0 bis 23 mg/l - Freie Kohlensäure ist mit Gehalten von 10-20 mg/l nachweisbar - Nitrat nur in einem Pegel geringfügig nachweisbar (36Q: 0,68 mg/l) - Sulfat mit Werten zwischen 510 und 2900 mg/l - Eisen mit Werten zwischen 0,08 und 2,4 mg/l. - Mangan mit Werten bis max. 6,4 mg/l in 17Q - CSB in den meisten Pegeln zwischen n.n. und 75 mg/l, nur in 23Q (110 mg/l) erhöhte Gehalte - Kohlenwasserstoffindex in allen Pegeln zwischen 10 und 20 mg/l - DCC ließ sich mit Gehalten von 8-55 mg/l nachweisen - Methan - Gehalte liegen zwischen 30 und 250 µg/l

Die Abbildung 4 zeigt eine schematische Darstellung der Belastungs- und Schadstoffsituation am Standort Lünen Victoria 1/2. Im Bereich der ehemaligen Kokerei sowie am Standort der ehemaligen Nebenproduktionsanlagen, die heute durch eine Auffüllungsschicht überdeckt sind, befinden sich das Hauptbelastungszentrum. Die Schadstoffe werden über die Grundwasserströmung im Quartär bis zum Vorfluter Lippe transportiert.

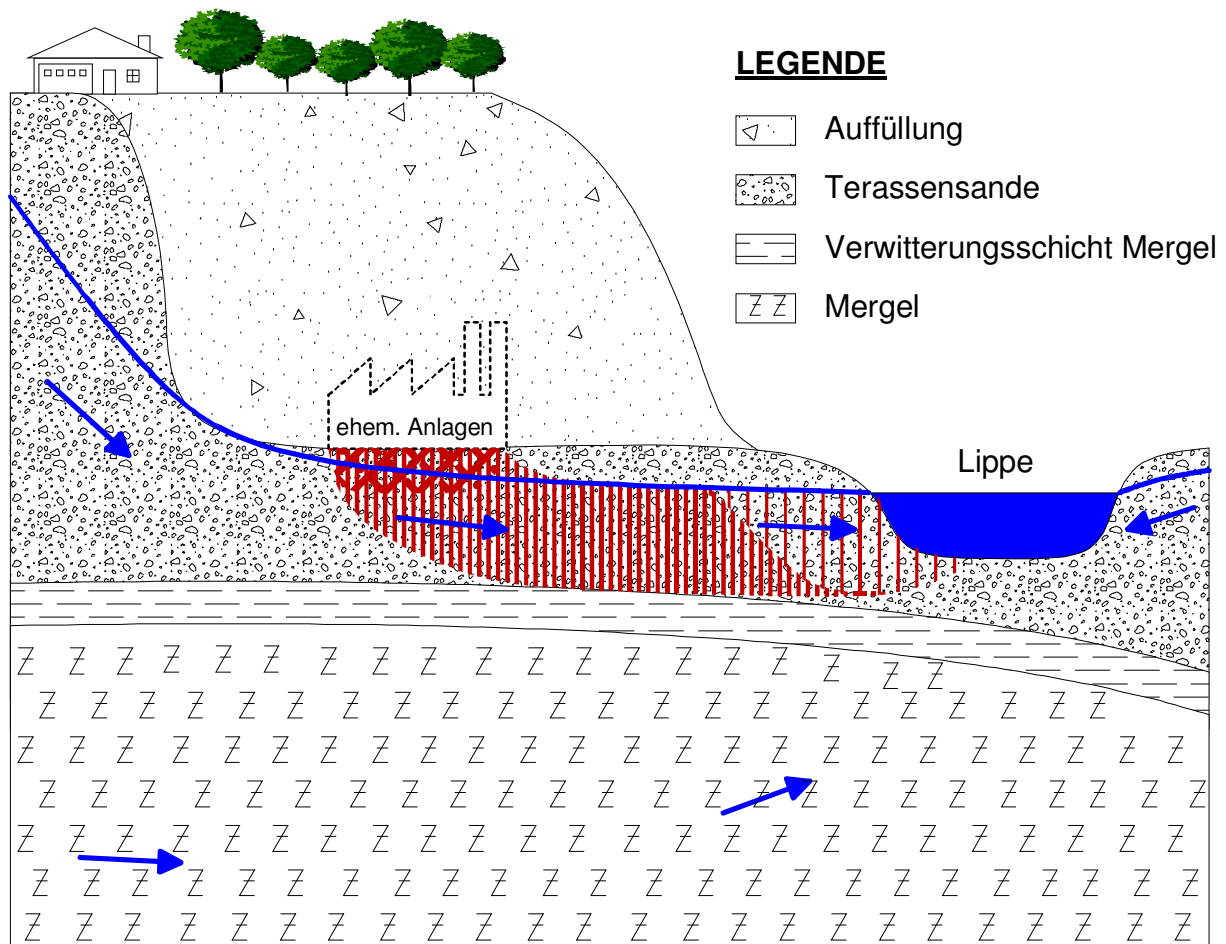


Abbildung 4: Prinzipschema der Belastungs- und Schadstoffsituation am Standort Lünen Victoria 1/2 [delta h]

In Abbildung 5 ist die Schadstoffausbreitung am Standort Lünen Victoria 1/2 dargestellt. Zusätzlich ist eine Variante der Dichtwandtrasse zu sehen, die sich jedoch im Laufe der Planung geändert hat und nicht als Ausführungsvariante geplant wurde. Die in der Ausschreibung geplante Dichtwandtrasse ist in Abbildung 6 (rote Linie) gezeigt.

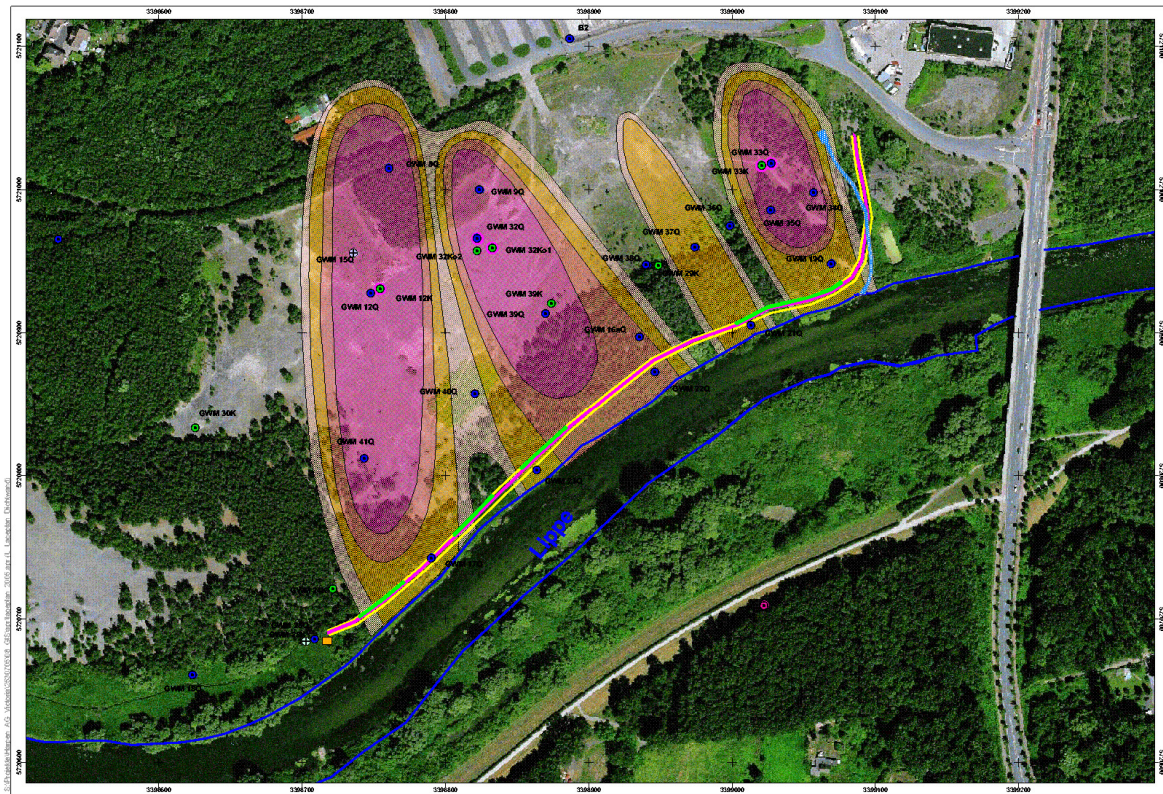


Abbildung 5: Schadstoffbelastung am Standort Lünen Victoria 1/2 [Altenbockum & Partner]

3. Planung und Ablauf des Vorhabens

Im Juli 2005 wurde – seinerzeit von der Firma Harpen AG – der Auftrag für die Erstellung eines Sanierungsplans erteilt. Zeitgleich mit der Erstellung des Sanierungsplans wurde – im Rahmen des BMBF-Förderprogrammes RUBIN – ein Forschungsantrag beim Projektträger Forschungszentrum Karlsruhe in Karlsruhe eingereicht. In dem Zeitraum bis zur vorzeitigen Beendigung des Projektes im August 2007 wurden die für das Vorhaben erforderlichen Vorbereitungsarbeiten veranlasst, das Vorhaben selbst wurde aus unternehmensinternen Gründen nicht bis zum Ende durchgeführt.

Als Sanierungsmaßnahme zur nachhaltigen und sicheren Unterbindung eines Schadstoffaustrags in den Vorfluter Lippe sollte im Grundwasserabstrom des Altstandortes Victoria 1/2 im Uferbereich eine Dichtungswand mit dem Mixed-in-Place Verfahren errichtet werden. Die Dichtungswand verursacht, dass vor der Dichtwand das kontaminierte Grundwasser aufgestaut wird. Dies ermöglicht mittels Drainagegräben wiederum eine gezielte Erfassung und anschließende Ableitung des Wassers zu einer Reinigungsanlage. Nach erfolgter Reinigung

durch Adsorbermaterialien kann das nunmehr abgereinigte Grundwasser in die Lippe eingeleitet werden.

Im Vorfeld der Planung des Vorhabens wurden zunächst ein Erfahrungsaustausch in Form von Fachgesprächen und anschließend Voruntersuchungen durchgeführt. Zu diesen Voruntersuchungen zählten insbesondere:

a) Adsorptionstests für Aktivkohle, Auswahl geeigneter Aktivkohle

Zur Abreinigung sind zur Adsorption der Schadstoffklassen PAK und BTEX geeignete Materialien einzusetzen, die in Vorversuchen von der Universität Lüneburg, Institut für Ökologie und Umweltchemie, ermittelt wurden.

b) Grundwassermodellierung

Aufbauend auf dem zur Vorplanung erstellten 2D-Prognose-Modell führte das Büro delta h im Rahmen der Detailplanung auf Basis kleinräumlicher Vermessungsdaten eine Modellierung des Abfangsystems zur Ermittlung der optimalen Druckverhältnisse und Wasserfassungselemente mit einem numerischen instationären 3D-Grundwasserströmungs- und Grundwassertransportmodell durch. Die Prognoserechnungen führten zu einer optimalen Geometrie des Dichtwandbauwerks bezüglich Länge, Höhe und Lage unter Berücksichtigung der örtlichen Grundwasserfließverhältnisse bei Mittelwasser- und bei Lippehochwasserzuständen.

c) Rezeptur der Dichtwandmasse

Die Zusammensetzung der Dichtwandmasse sollte standortspezifisch entsprechend der relevanten Schadstoffe erfolgen, damit eine lange Lebensdauer und Funktion der Dichtwand sichergestellt wird. Zur abschließenden Festlegung einer geeigneten Dichtwandrezeptur war der Chemismus des Bodens und des Grundwassers zu berücksichtigen. Hierzu wurden Proberezepturen mit Boden- und Wasserproben des Standortes hergestellt und im Labor hinsichtlich der sich einstellenden Festigkeiten und Durchlässigkeiten untersucht. Diese Untersuchungen sollten durch frühzeitige Einbindung einer geeigneten Fremdüberwachung erfolgen, die auch während der Bauausführung die Herstellung der Dichtwand begleitet und die Einhaltung der Vorgaben des Qualitätssicherungsplanes als Qualitätssicherung überprüft.

d) Vermessungsarbeiten

Es wurden Vermessungsarbeiten durchgeführt um eine Detailplanung und ein Bodenmanagement durchführen zu können.

e) Baugrunduntersuchungen

Im Vorfeld der geplanten Baumaßnahmen wurden entsprechende Baugrunduntersuchungen im Verlauf der geplanten Dichtwandtrasse durchgeführt. Vor der Herstellung der Dichtwand im Mixed-in-Place-Verfahren sind erdstatische Nachweise notwendig, die u.a. neben der Standsicherheit der anstehenden Böschung auch die Lastfälle „Hochwasser“ sowie „Bauzustand-Flächendränage“ berücksichtigen.

Aufbauend auf den Ergebnissen der Vorplanung und unter Berücksichtigung der im Forschungsverbund RUBIN-I gewonnenen Erkenntnisse erfolgte die Planung der Sanierungselemente.

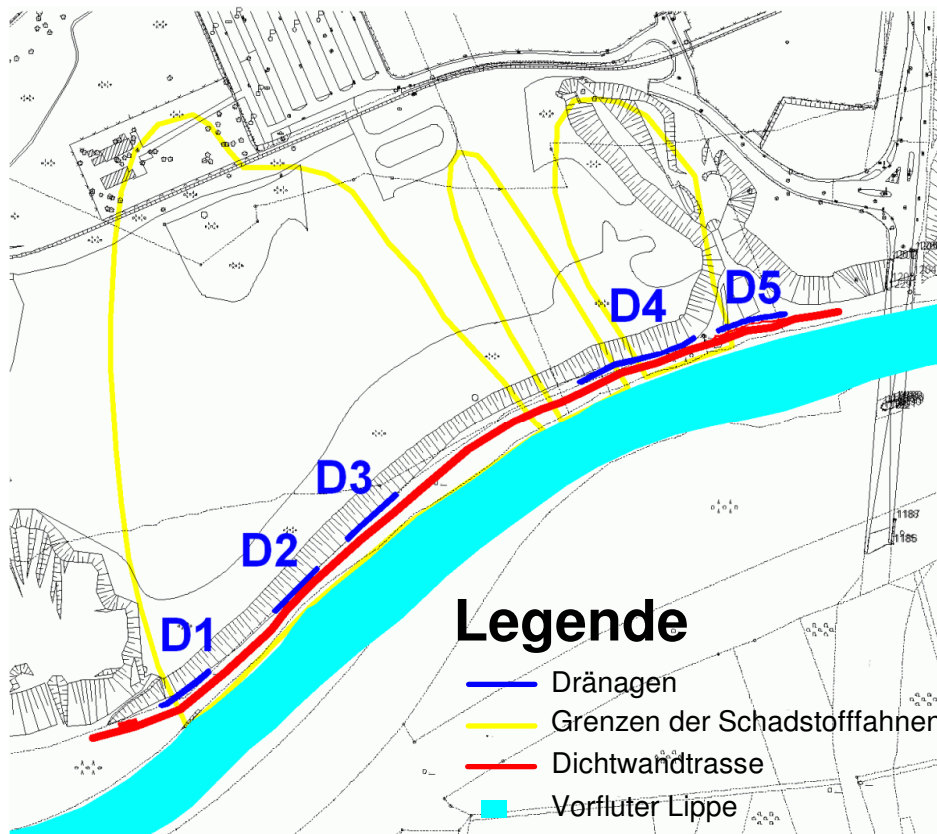


Abbildung 6: Dichtwandtrasse (rote Linie) mit Dränagen (blaue Linien) und Kontaminationsbereich (gelbe Linien) [delta h]

Das Funktionsprinzip bzw. die ingenieurtechnische Planung der Sanierungsanlage beinhaltet im Wesentlichen die folgenden verschiedenen technischen Elemente die im Einzelnen näher in den folgenden Abschnitten beschrieben werden.

Dichtwand (Vertikalabdichtung) zum Wasseraufstau und zur Wasserlenkung (rote Linie in Abbildung 6)

Aufgrund der erforderlichen Breite der Erfassung von über 400 m bot sich statt einer vollflächigen durchströmten Reinigungswand eine Reinigungswand mit starker Lenkung der Grundwasserströmung und effizienter Kontrollmöglichkeit an. Eine Unter- und Umströmung der Vertikalabdichtung war durch die Bauwerksgeometrie sicher auszuschließen. Als bautechnisch geeignetste Variante zur Erstellung einer Vertikalabdichtung hatte sich die Stahlsplundwand und die Mixed-in-Place-Wand (MIP) herausgestellt. Beide weisen entscheidende Vorteile hinsichtlich der erforderlichen Dichtwirkung sowie der Langzeitbeständigkeit auf. Die MIP-Wand weist allerdings Kostenvorteile gegenüber der Stahlsplundwand auf. Zusätzlich bot das vibrationsarme MIP-Verfahren gegenüber dem Rammverfahren der Stahlsplundwand eine deutlich geringere negative Einwirkung auf die Standsicherheit der relativ steil aufgehenden Böschungen der Bergehalde. Damit war die MIP-Wand der Stahlsplundwand zu bevorzugen. Eine Splundwand sollte nur dann eingesetzt werden, wenn eine MIP-Wand aus bautechnischen Gründen nicht machbar oder aus Gründen der Langzeitbeständigkeit nicht sinnvoll gewesen wäre, was aber am Standort Lünen nicht der Fall gewesen ist.

Die Dichtwand sollte überwiegend in westsüdwestlicher-ostnordöstlicher Richtung entlang des nördlichen Lippeufers möglichst nahe der Bruchkante der Geländeaufhöhung verlaufen. Der Abstand der Trassenführung von der Böschungskante war bautechnisch und statisch bedingt. Es ergab sich etwa eine Länge von rund 580 m Dichtwand. Die geplante Lage der Dichtwandtrasse wird aus der Abbildung 6 (rote Linie) ersichtlich. Die Dichtwand erfasst somit die Schadstofffahnen die in Abbildung 6 als gelbe Linien dargestellt sind.

Dränagen mit Ableitungen und Schächten zur Wasserfassung und Wasserableitung (blaue Linien in Abbildung 6)

Das an der Dichtwand (siehe Abbildung 6, rote Linie) aufgestaute und gelenkte Grundwasser muss durch die Dränage vollständig erfasst werden, damit eine Umströmung der Dichtwand verhindert wird. Vor die Dichtwand sollten deshalb insgesamt fünf Dränagen mit Längen zwischen 40 m und 85 m gebaut werden. Diese sind in der Abbildung 6 die blau markierten und mit D1 bis D5 bezeichneten Linien. Die Dränagen liegen in einem Dränagekies, der im obe-

ren Aufstaubereich der Dichtwand mit den Abmessungen 1 m Breite und bis 3 m unter Alt-Geländeoberfläche zu errichten geplant war (Abbildung 7).

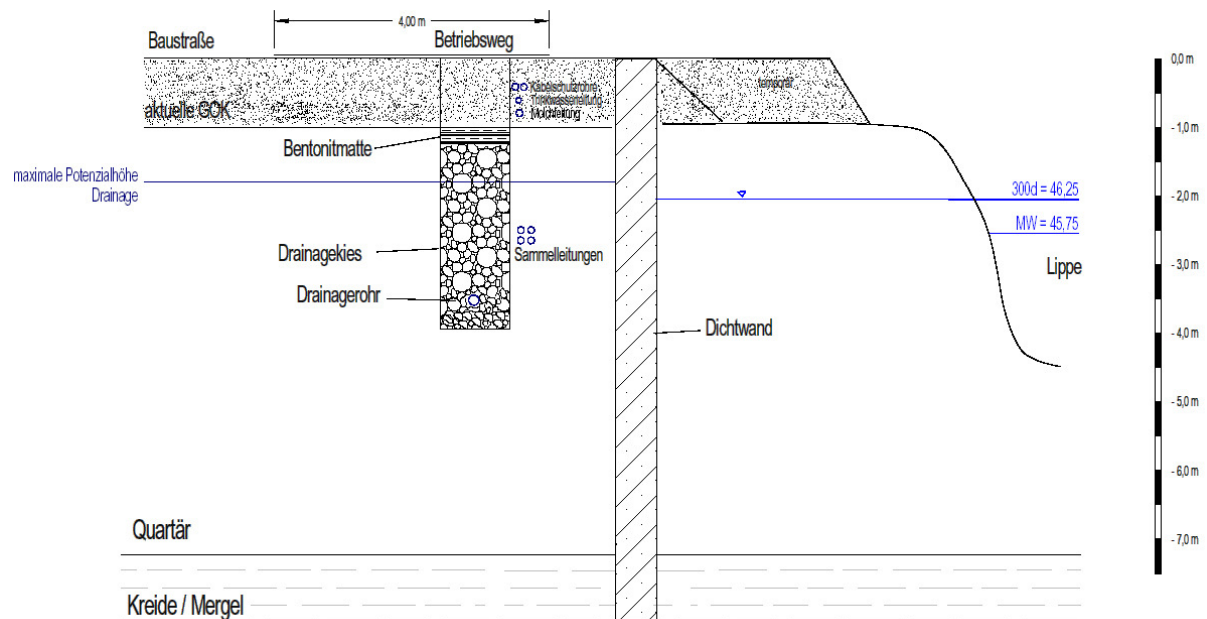


Abbildung 7: Aufbau der Dränagen vor der Dichtwand [Altenbockum & Partner]

An den beiden Enden jeder Dränage sollten flutbare und luftdichte Sammelschächte (Abbildung 8) gebaut werden, die mit Revisionseinrichtungen und einer Ableitung zur zentralen Aufbereitungsanlage versehen werden. Die Schächte sollten im Regelbetrieb wassergefüllt sein, so dass sich der natürliche Grundwasserstand frei einstellen könnte. Zwischen den Dränagen sind Sammelleitungen in etwa 2 m unter GOK geplant, die das Grundwasser zum Molch- und Übergabeschacht leiten sollten. Von dieser Stelle aus sollte das Wasser anschließend in die zentrale unterirdische Aufbereitungsanlage geleitet werden (siehe Abbildung 9, Abbildung 10 und Abbildung 11). Die Einzelfassungen sind zur Aufrechterhaltung der erforderlichen hydraulischen Druckhöhen und zur Vermeidung gegenseitiger Beeinflussung erforderlich. Aus drucktechnischen Anforderungen ist eine dezentrale Wasserfassung vor der Dichtwand erforderlich. Durch die Dränagen ist eine flächige Wasserfassung mit geringer Aufstauhöhe gewährleistet.

Für den Hochwasserfall war geplant in die äußeren Dränagen D1 und D5 Inliner-Pumpen einzubauen, um eine seitliche Umströmung zu verhindern.

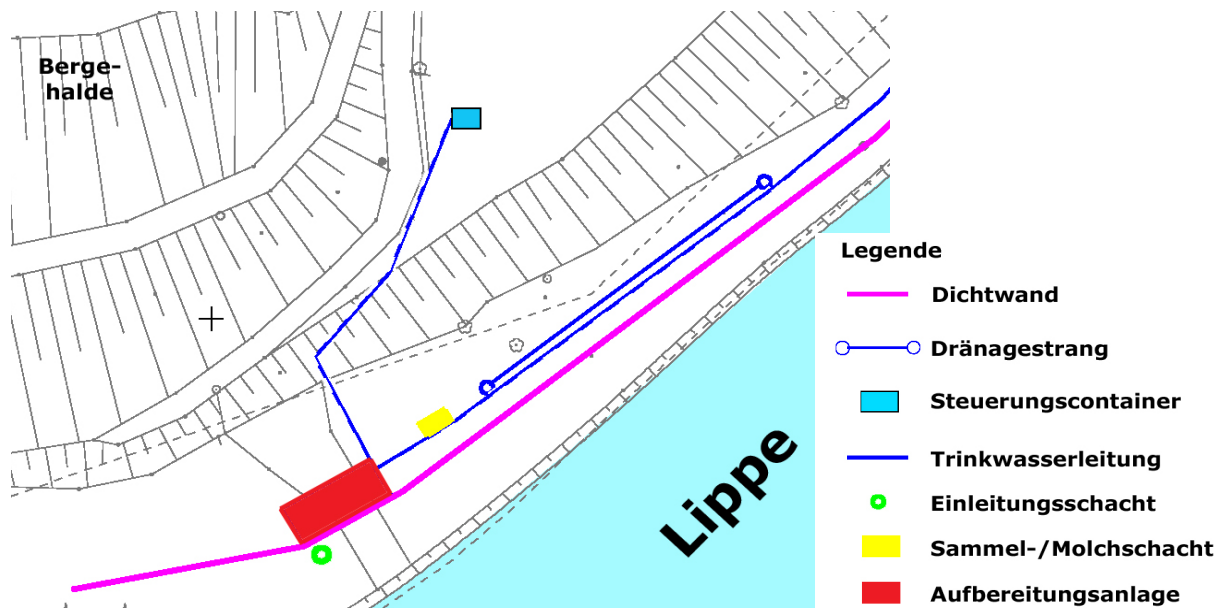


Abbildung 9: Lage der zentralen Aufbereitungsanlage (rote Fläche) [Altenbockum & Partner, bearbeitet]

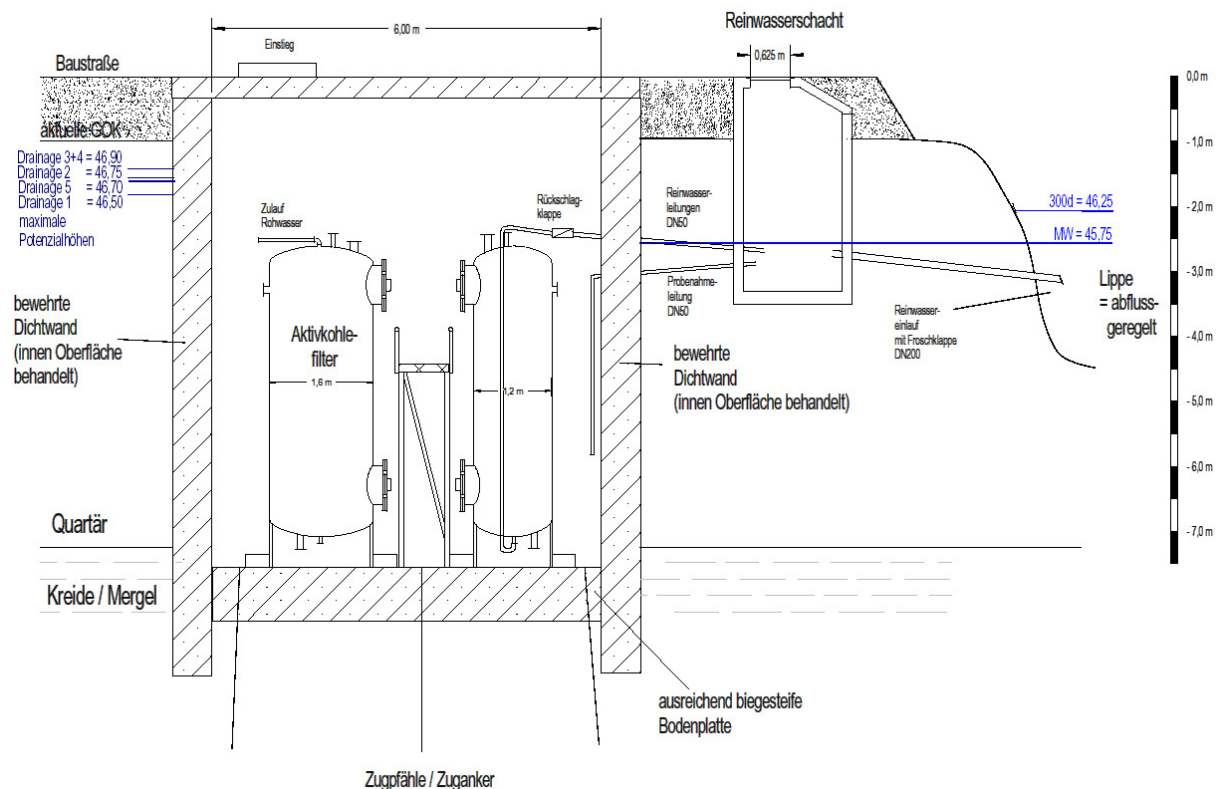


Abbildung 10: Schnitt durch die geplante Aufbereitungsanlage [Altenbockum & Partner Geolo-
gen]

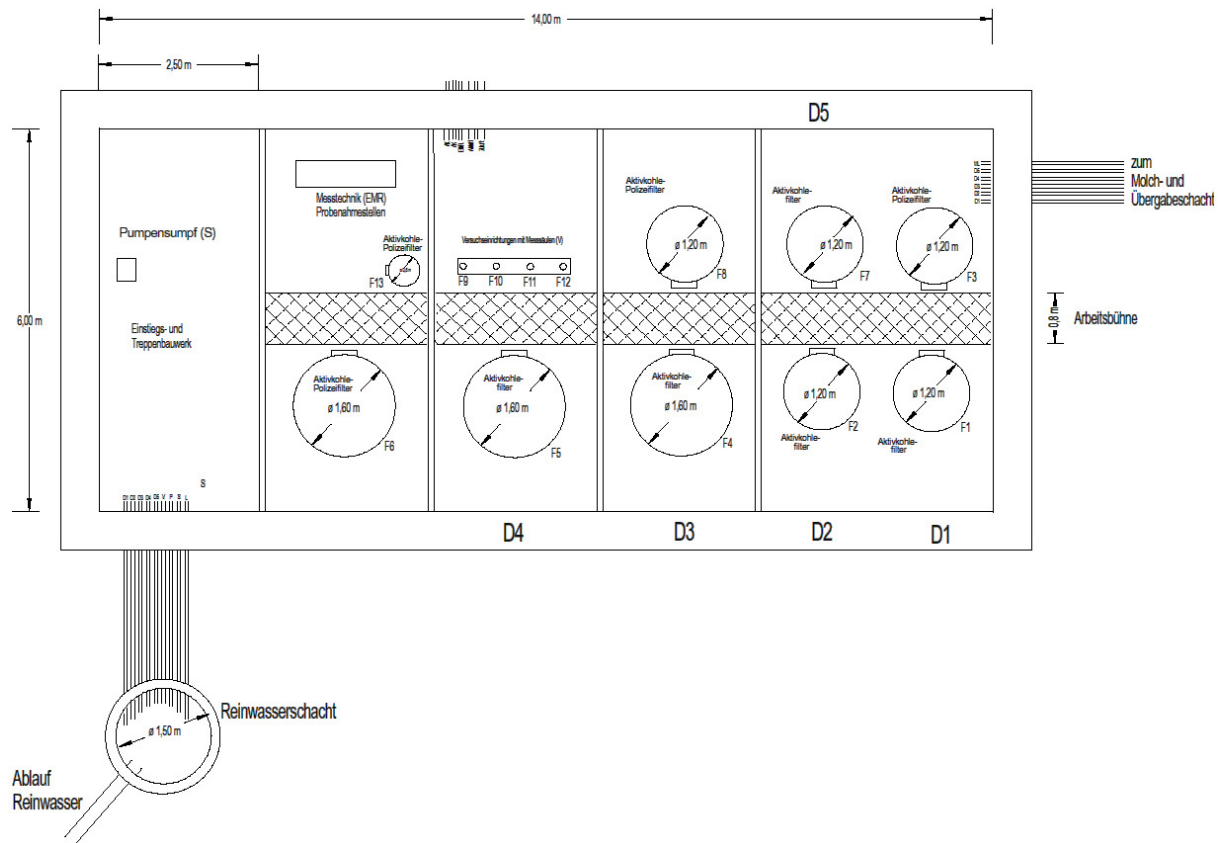


Abbildung 11: Draufsicht der Aufbereitungsanlage [Altenbockum & Partner]

Reinwasserableitung über einen Schacht und ein Einleitrohr in den Vorfluter Lippe

Nach der Reinigung sollte das Wasser über eine Freispiegelleitung zur Lippe fließen (Abbildung 11). Für den Hochwasserfall war geplant diese Leitung mit einer Rückschlagklappe zu versehen, um einen Rückstau des Lippewassers in die Sanierungsanlage zu verhindern.

Die Sanierungsmaßnahme ist weitgehend passiv, da wie die Abbildung 12 verdeutlicht, die hydraulischen Druckpotenzialunterschiede zwischen dem Lippewasserstand und dem Grundwasseraufstau vor der Dichtwand ausgenutzt werden sollten. Aufgrund der Höhendifferenz der Druckpotenziale entsteht ein Gefälle und das Wasser fließt durch die Aufbereitungsstufen zur Lippe.

Das Einstaupotenzial bzw. das Ableitungspotenzial an den einzelnen Dränagesträngen ist von folgenden Parametern oder besser folgenden erforderlichen Standrohrspiegelhöhendifferenzen (dh) beeinflusst.

Der Lippe Mittelwasserstand an der Einleitstelle (45,75 mNN)

- +dh1 Das erforderliche Potenzial um einen Abfluss im Mittel von 300 Tagen im Jahr zu gewährleisten (0,5 m)
- +dh2 Das erforderliche Potenzial für einen Abfluss im freien Gefälle von der Aufbereitungsanlage zu der Einleitstelle in der Lippe
- +dh3 Das erforderliche Potenzial zur Durchströmung der Aufbereitungsanlage
- +dh4 Das erforderliche Potenzial für einen Abfluss im freien Gefälle von der Dränage zu der Aufbereitungsanlage

ergibt das Einstaupotenzial.

Da die Lippedaten bekannt sind und die Größenordnungen dh2 und dh4 im Wesentlichen von der Rohrleitungslänge abhängen musste insbesondere das Potenzial dh3 im komplexen Zusammenhang ermittelt werden.

Das erforderliche Potenzial zur Durchströmung Aktivkohlebehälter, ist abhängig von:

- der Wassermenge,
- der Geometrie des Behälters,
- der Durchlässigkeit des durchströmen Mediums (Aktivkohle).

Die Potenzialhöhen in Zusammenhang mit der Anzahl und Anordnung der Entnahmestrecken konnten im Rahmen der Prognoserechnungen der numerischen hydraulischen Modellierung iterativ erarbeitet und unter Einhaltung des Sanierungs-/Sicherungszieles optimiert werden.

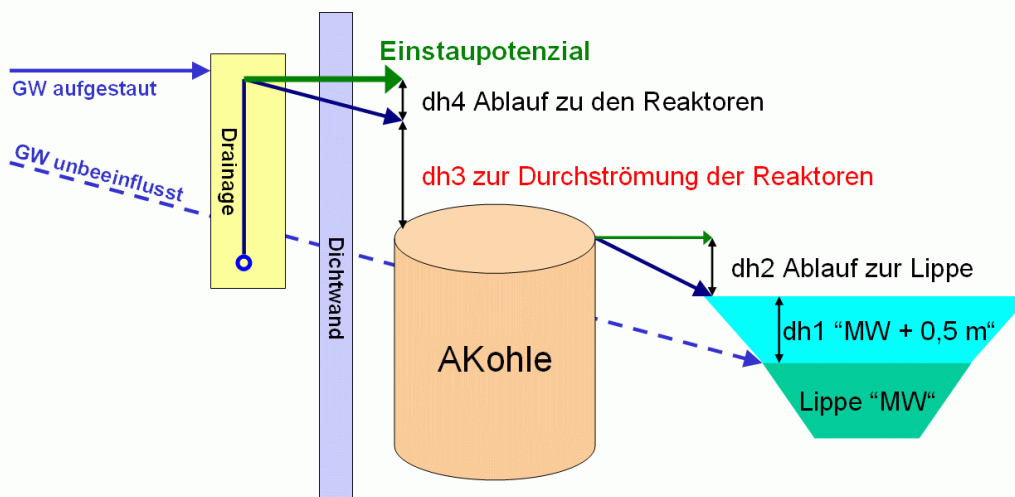


Abbildung 12: Funktionsprinzip der Grundwasserreinigung [Δh]

Im Rahmen der Erstellung der Ausschreibungsunterlagen wurde eine Fachplanung bzw. wissenschaftliche Begleitung für die Mess- und Regeltechnik angefordert. Das passive Sys-

tem besitzt den Vorteil, dass sich nur ein minimierter Wartungs- und Betriebskostenaufwand für diese Technik ergibt. Der Überwachungsaufwand wird auf das notwendige Minimum reduziert, indem die Steuerung weitestgehend durch die Planung der Mess- und Regeltechnik automatisiert wird.

Sämtliche Planungsleistungen wurden zunächst als Entwurfsplanung durchgeführt. Anschließend erfolgte die Genehmigungsplanung, die den zuständigen Behörden vorgelegt wurde. Dieser Genehmigungsplanung wurde eine naturschutzrechtliche Eingriffsbilanzierung beigefügt, die im Antrag zum FuE-Vorhaben so detailliert nicht geplant war. Auf Grund der behördlichen Anforderungen ergaben sich im Antrag des FuE-Vorhabens nicht geplante Arbeiten. Dies betrifft zum Beispiel die Erstellung von Kreidemessstellen inklusive Datenloggen. Abschließend wurde dann die Ausführungsplanung erstellt und die Vergabe der Bauleistungen vorbereitet, indem die Ergebnisse und Erkenntnisse der durchgeführten Voruntersuchungen und Planungen anschließend in die Erstellung der Ausschreibungsunterlagen und in das Leistungsverzeichnis einfließen. Noch während des Vergabeverfahrens wurden auf dem Gelände Rodungsarbeiten für die Erstellung der Sanierungsmaßnahme im Rahmen der Bauvorbereitung durchgeführt.

Der zeitliche Ablauf des Vorhabens sah folgende in Abbildung 13 dargestellte Zeitplanung vor. Der Zeitplan wurde bis zur Ausschreibung eingehalten. Im Rahmen der Vergabe kam es dann zu einer zeitlichen Verzögerung. Die Angebote der Bieter für die Bauleistungen zur Erstellung der Sanierungsanlage waren deutlich höher als die kalkulierten Bauinvestkosten.

Für die Erstellung der baulichen Anlagen wurde ein Bauzeitenplan erstellt. Dieser sah eine viermonatige Bauphase zur Errichtung der Sanierungsanlagen von Juli bis Oktober 2007 vor. Eine Fertigstellung und sichergestellte Funktionsfähigkeit bis Ende Oktober 2007 war zwingend gefordert. Durch ein Hochwasser der Lippe im Herbst bzw. Winter könnte gegebenenfalls der Bau beeinträchtigt werden. Da das Vorhaben aber vor Baubeginn gestoppt wurde, ist die nachfolgende Zeitplanung nicht hinsichtlich ihrer Plausibilität kontrollierbar.

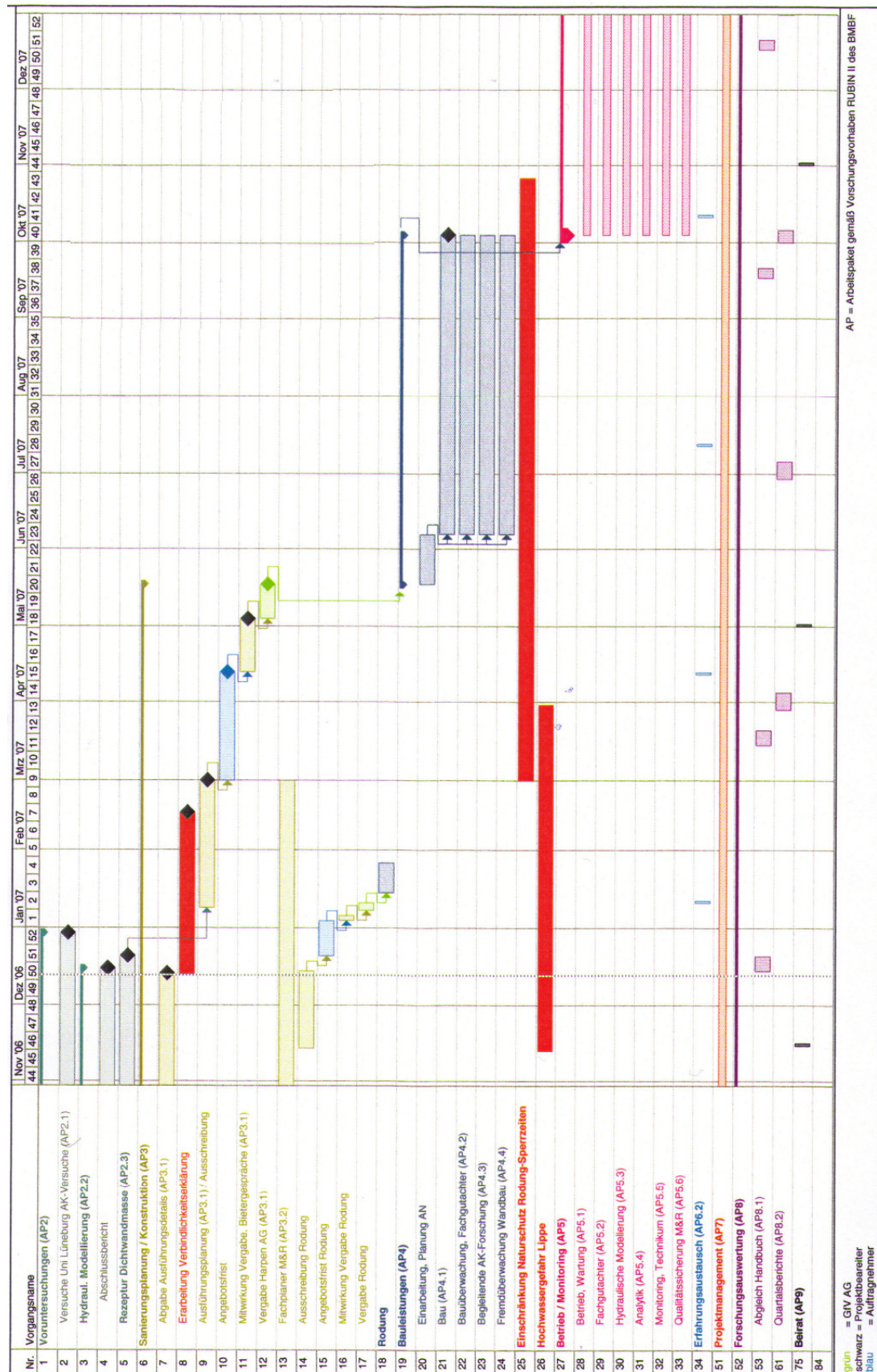


Abbildung 13: Zeitplanung der Grundwassersanierungsmaßnahme

Während des Projektes wurde ein Beirat gebildet, der sich zwei Mal getroffen hat. Die Aufgabe des Beirates war ein übergreifender und fachlich richtungsweisender Erfahrungsaustausch, der auf breiter Ebene mit ausgewählten Fachleuten gewährleistete. Damit war ein wissenschaftlicher und technischer Informationsaustausch mit Anregungen für das Projekt sichergestellt.

Die Teilnehmer der Beiratssitzungen waren:

- Dr. rer. nat. Volker Birke, Universität Lüneburg, Projektkoordinator des PTKa
- Dr.-Ing. Peter Dreschmann, FOCON GmbH
- Dipl. Geol. Michael Getta, Lippeverband
- Dr. Ernst-Werner Hoffmann, AAV NRW
- Dipl.-Ing. Ludwig Holzbeck, Kreis Unna
- Dr. Karl-Peter Knobel, Forschungszentrum Karlsruhe GmbH
- Dr.-Ing. Wolfgang Kohler, LfUB BW
- Dr.-Ing. Hans-Peter Koschitzky, Universität Stuttgart, VEGAS
- Dr.-Ing. Christoph König, delta h Ingenieurgesellschaft mbH
- Dr. Peter Niederbacher, Ingenieurkonsultent für technische Geologie, Wien
- Dipl.-Ing. Michael Odenaß, LUA NRW
- Prof. Dr. Wolfgang Ruck, Universität Lüneburg
- Dipl.-Ing. Dirk Schamberg, GfV Gesellschaft für Vermögensverwaltung AG
- Dipl.-Ing. Jörg Weindl, bfm GmbH, Umwelt Beratung Forschung Management GmbH, München
- Dipl.-Ing. Theo Woll, Peschla & Rochmes GmbH
- Dipl.-Geol. Michael Altenbockum, Altenbockum & Partner, Geologen

Der folgenden Tabelle 2 können die Termine und behandelten Themen der Beiratssitzungen entnommen werden.

Tabelle 2: Beiratssitzungen

Nr.	Datum	Themen
1	20.06.2006	• Ortsbesichtigung • Projektvorstellung • Grundwassermodellierung • Aktivkohle-Forschung
2	15.11.2006	• Aktueller Sachstand des Projektes - Genehmigungsstand - Grundwassermodellierung - Anlagentechnisch relevante Eigenschaften von Aktivkohle - Anlagenhydraulik • Sanierung Brunn am Gebirge, Wien • Sanierung Gaswerk München

Bis zum vorzeitigen Ende des Vorhabens wurden die geleisteten Arbeiten und die daraus resultierenden Ergebnisse und Erkenntnisse in Berichten dokumentiert. Insgesamt zwei Zwischenberichte wurden erstellt. Der erste Zwischenbericht stellt die Ergebnisse für den Berichtszeitraum vom 01.04.2006 bis 31.12.2006 dar. Für den Berichtszeitraum vom 01.01.2007 bis zum 30.06.2007 ist ein zweiter Zwischenbericht erstellt worden.

4. Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

Aktive Sanierungsverfahren erfordern eine aufwendige Anlagentechnik, die in Kombination mit meist großen Nachlieferungspotenzialen von Schadstoffen im Untergrund zu z.T. hohen Betriebskosten über Jahrzehnte führen. Aus diesem Grund gewinnen passive Systeme, wie durchströmte Reinigungswände (permeable Reaktionswände, Funnel-and-Gate, Trichter und Durchlass, permeable reactive barriers, treatment zones) z.T. in Kombination mit aktiven konventionellen Maßnahmen zunehmend an Bedeutung.

Das Verfahren der durchströmten Reinigungswände (permeable reactive barriers, PRB) hat sich in den USA bereits praktisch etabliert und wird dort als Stand der Technik bezeichnet. Es liegen dort ca. 40 — 50 Feldanwendungen (Pilot- und Fullscale), Leitfäden, Handbücher und Evaluationsergebnisse vor.

In den 90-iger Jahren wurden durchströmte Reinigungswände in Nordamerika bei der Altlastensanierung als neues Sanierungskonzept zur passiven In-Situ-Grundwassersanierung ein-

geführt. Die ersten Vorhaben wurden in den Jahren 1991 und 1995 in Kanada (Ontario, Pilot-Maßstab) und den USA, Kalifornien (Sunnyvale; full-scale) durchgeführt.

In Deutschland installierte man die ersten Reinigungswände 1998 (Tübingen als Full-Scale-Projekt, Rheine und Edenkoben als Pilot-Projekte). Die Gesamtzahl aller bekannten Projekte (Pilot- oder Full-Scale-Maßstab) liegt bei ca. 100 mit ca. 20 bis 30 Projekten in Europa. Infolge der in Nordamerika stark vorangetriebenen Entwicklung beschloss eine Expertenrunde im Umweltbundesamt im Jahre 1997, Forschungs- und Entwicklungsarbeiten für Reinigungswände als auch ihre technischen Umsetzungen in Deutschland zu beschleunigen und auszuweiten.

„SAPHIRA“, ein FuE-Netzwerk zur Entwicklung und Erprobung neuer, innovativer reaktiver Materialien, insbesondere zur Behandlung von Mischkontaminationen in einem halbertechnischen Maßstab, war die erste Fördermaßnahme des BMBF, die diesem Ziel diente (SAPHIRA 2004). Die SAPHIRA-Pilot-Anlage behandelte von 1999 bis 2004 ein durch ein komplexes Schadensbild charakterisiertes Grundwasser (im Wesentlichen Fluor-Aromaten und LCKW) am Standort Bitterfeld. Sie besteht aus fünf, ca. 25 m tiefen zylindrischen Schächten, in die Stahlreaktoren eingehängt sind und die mit unterschiedlichen reaktiven Materialien beschickt wurden.

Um auch die Entwicklung und sukzessive Gewinnung einer breiten Datenbasis bei großtechnischen Projekten voranzutreiben, rief das BMBF im Jahre 2000 zusätzlich das Netzwerk „RUBIN“ (Reinigungswände und –barrieren im Netzwerkverbund) mit insgesamt neun Standort- und übergreifenden Vorhaben ins Leben.

Nach dem internationalen Stand der Literatur, wie auch aufgrund nationaler Erfahrungen, scheinen durchströmte Reinigungswände eine erprobte und zuverlässige Technologie bei der in-situ-Behandlung von Grundwasserschadensfällen darzustellen. In Deutschland ist die Technik derzeit noch Inhalt intensiver Forschung (RUBIN-Projekt) und ist noch nicht als Stand der Technik zu bezeichnen.

Durchströmte Reinigungswände werden allgemein senkrecht zur Grundwasserfließrichtung errichtet (Abbildung 14).

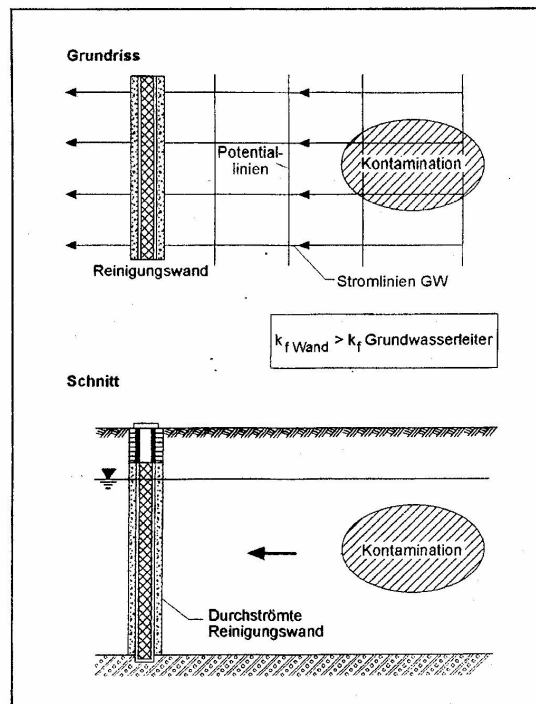


Abbildung 14: Schematischer Aufbau einer vollständigen durchströmten Reinigungswand [IT-VA, 1999]

Am Beginn der Entwicklung von durchströmten Reinigungswänden standen allein zwei generelle Konstruktionsweisen zur Verfügung:

- Die vollflächig durchströmte Reinigungswand (CRB-Prinzip; Continuous Reactive Barrier), bei der die gesamte Reinigungswand nur aus durchlässigem reaktivem Material besteht (Abbildung 15).

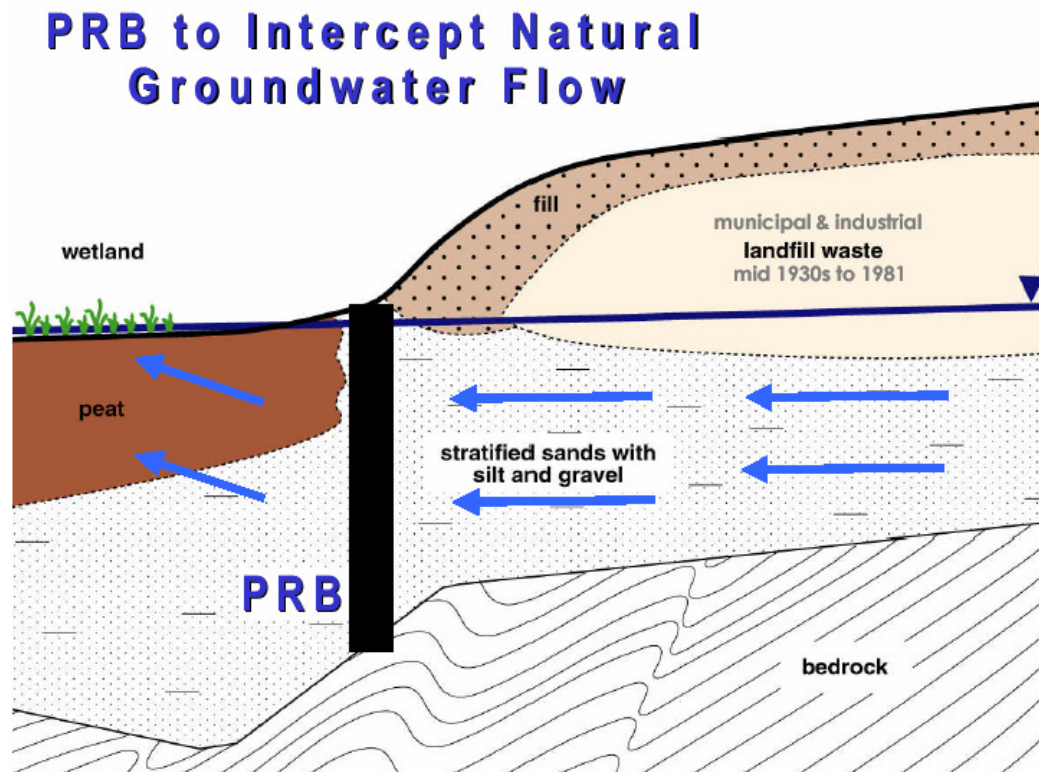


Abbildung 15: Einsatz einer vollständig durchströmten Reinigungswand (CRB) für die Reinigung von PCE, TCE, DCE (je ca. 500 µg/l) und VC (1.900 µg/l) mittels Eisen-Granulat-/Sand-Gemisch in Somersworth Sanitary Landfill [Krug]

- Das FuG-Prinzip (Funnel-and-Gate-Prinzip siehe Abbildung 16) bei dem undurchlässige Leitwände (z.B. Dichtwände) den kontaminierten Grundwasserstrom fassen und zu einer, die Leitwände durchstoßenden, für das Grundwasser durchlässigen reaktiven Zone (gate) leiten, die zumeist als perforierte Kammer ausgeführt und mit reaktiven Materialien in einer losen, durchlässigen Schüttung, gefüllt wird. Die mit dem reaktiven Material gefüllten Gates werden vom belasteten Grundwasser mit erhöhter Fließgeschwindigkeit durchströmt. Unter klassischem FuG-Prinzip versteht man ferner eine FuG-Konstruktion, die, gemäß der Anfang/Mitte der 90-iger Jahre vertretenen Auffassung, einmal im Untergrund eingebaut, über mehrere Jahrzehnte sich selbst überlassen, einwandfrei funktioniert und daher praktisch keine Eingriffsmöglichkeiten erfordert. Modifikationen des FuG-Systems sehen neue Konstruktionsweisen vor, so z.B. drain-and-gate-Systeme, bei denen das Grundwasser nicht durch Dichtwände sondern durch Filterkiesdränagen zu Kammern mit durchlässigem reaktivem Material geleitet wird. Dabei kann es sich um Brunnenschächte handeln, die eingestellte, mit reaktivem Material gefüllte Reaktorgefäße enthalten, die das Grundwasser durchströmt (Schachtreak-

toren sind beispielsweise bei dem seit 1999 erfolgreich arbeitenden Schachtreaktor-System in Brunn am Gebirge realisiert worden).

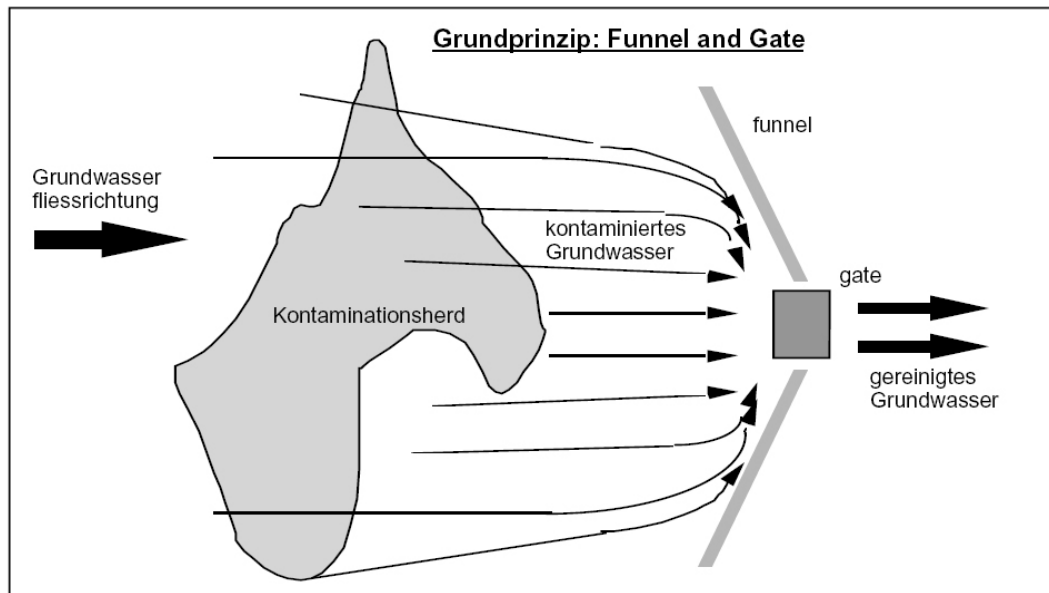


Abbildung 16: Grundprinzip des Funnel and Gate Verfahrens [Steffensen]

Die Geometrie der Reaktionswände ist von der Hydrogeologie, der Hydraulik, dem Grundwasserchemismus und der Art und Form der Schadstoffaufnahme im Grundwasser abhängig. In Deutschland sind überwiegend speziell positionierte und ausgestaltete funnel- und/oder gate-Konstruktionen üblich, beispielsweise relativ flache, oberflächennah eingebaute Reaktoren, denen entweder passiv oder sogar aktiv umgeleitetes oder gehobenes Grundwasser zuströmt (z.B. drain-and-gate-Technik).

In Deutschland dominieren gelenkte Systeme. Von elf Reinigungswänden sind neun entweder als FuG-Konstruktionen oder als EC-PRBs (efficiently controllable permeable reactive barrier) ausgeführt. Nur zwei Standorte sind mit vollflächig durchströmten Reinigungswänden (CRB) ausgestattet.

Vollflächig durchströmte Wände sind allgemein vergleichsweise kostengünstig.

In der Regel werden Reinigungswände in einen Grundwasserstauer eingebunden. Erfahrungen mit so genannten hängenden Wänden, deren Basis frei im Grundwasserleiter endet, liegen nur von wenigen Praxisfällen in den USA vor (z.B. Elizabeth, Mountain View) vor.

Die Grundlage der Funktionsweise einer passiven Reaktionswand ist die erhöhte Durchlässigkeit im Bereich der Reaktionswand im Vergleich zum Aquifer im Bereich ober- und abstromig des Bauwerkes. Da das Grundwasser im Wesentlichen aufgrund des hydraulischen Gefälles durch das Bauwerk strömen soll, ist besonders wichtig, dass der Filterwider-

stand am Übergang zwischen anstehendem Boden und dem Bauwerk dieser Anforderung dauerhaft entspricht. Der Filterwiderstand kann im Wesentlichen durch folgende Prozesse nachhaltig beeinflusst werden:

- Sedimentation von Bodenpartikeln,
- Ausfällen von mineralischen Begleitstoffen (z.B. Eisen, Mangan, Sulfat, Carbonat),
- Biologischer Aufwuchs.

In der Literatur werden vergleichbar mit der Verockerungsproblematik bei Vertikalbrunnen nicht selten unterschiedliche Methoden für die Wiederherstellung der Durchlässigkeit von reaktiven Wänden diskutiert. Daraus ist abzuleiten, dass das Zusetzen der Filterschicht („clogging“) offensichtlich mit einer gewissen Häufigkeit auftritt und nicht als Seltenheit zu bewerten ist. Um dies zu minimieren, sollte beim Wandbauwerk der Einbau einer filterstabilen Schicht zwischen dem Erdreich und dem Füllmaterial vorgesehen werden.

Die Funktionsfähigkeit und die technische Lebensdauer des Systems werden im Wesentlichen durch folgende Kriterien bestimmt:

- Austauschbarkeit der Füllmaterialien,
- Statische Standsicherheit,
- Erhaltung der hydraulischen Leistungsfähigkeit und
- Langfristige Erhaltung der Reaktivität bzw. des Rückhaltevermögens der eingebauten Füllmaterialien.

Die Wände lassen sich allgemein mit konventionellen (Spezial-)Tiefbautechniken errichten und können in Form einer Spundwand, Schmalwand, Schlitzwand, Bohrpfahlwand oder mittels Löffelbagger oder Schlitzfräse (bis max. 10 m Tiefe) erstellt werden.

Bei der Passage des Grundwassers durch das Wandmaterial werden die Schadstoffe adsorbiert, chemisch und/oder biologisch abgebaut. Für die Sanierung von Schadstoffen im Grundwasser wurden bisher

- zweiwertiges Eisen,
- Eisenminerale (Oxide, Hydroxide, Sulfide),
- Palladium auf Zeolith und Zugabe von Wasserstoff,
- Magnesium,

- Zinn oder
- Zink

für die chemische Reduktion sowie

- Aktivkohle (säurebehandelt bei karbonatreichem Wasser)

für die Adsorption eingesetzt.

Die Voraussetzungen für die Planung einer durchströmten Reinigungswand sind grundsätzlich die detaillierten Kenntnisse der Hydrogeologie, Hydraulik, Hydrochemie und der Schadstoffverteilung bzw. -ausbreitung. Für die Beurteilung der Auswirkungen der Wand auf den Aquifer ist eine Grundwassermodellierung und im Einzelfall auch eine Modellierung des Schadstofftransportes und der Reaktionen hilfreich. Grundsätzlich sind Voruntersuchungen über die Eignung der reaktiven Materialien notwendig. Um die Funktion und Wirksamkeit der Wand ermitteln zu können, ist ein Monitoring erforderlich. Für die Überwachung der Funktionsfähigkeit des Systems sind Grundwassermessstellen vor, innerhalb, hinter und seitlich des Bauwerkes für Grundwasserstandsmessungen, Probenahme und Analytik von Schadstoffparametern sowie Metaboliten geeignet.

Vorteile

- Verzicht auf externe Aufbereitungsanlage (Platzfrage, Betrieb, Energieeinsatz über Jahrzehnte).
- Durch den Einsatz von passiven, durchströmten Reinigungswänden kann der Energieverbrauch auf ein Minimum reduziert werden, da weder eine aufwendige Anlagentechnik einzurichten und zu betreiben noch auf längere Zeit zu unterhalten oder vorzuhalten ist.
- Im Vergleich zu pump-and-treat-Maßnahmen erfolgt kein wesentlicher Eingriff in das hydraulische Fließregime, mit Ausnahme des direkten Einflussbereichs der Reinigungswand.
- Ein wesentlicher Vorteil ist die geringere Einschränkung der Nutzbarkeit von betroffenen Grundstücken, da die Sanierung direkt im Untergrund stattfindet und keine Anlagen oberhalb der Erdoberfläche errichtet werden müssen.
- Die Bilanz der Umweltauswirkungen dieses Verfahrens ist ungleich günstiger als bei konventionellen Verfahren.
- Der Einsatz von Aktivkohle (als Wandmaterial) ist eine bekannte Technologie.

- Unter bestimmten Voraussetzungen (Bauwerksanordnung, Schadstoffspektrum etc.) sind Fördermittel im Rahmen weiterer Forschungsprojekte zu erhalten.

Nachteile

- Ein wesentlicher Nachteil des Verfahrens von in-situ-Reinigungswänden ist der Mangel an Erfahrungen mit der neuen Technologie. Die Wände haben in Deutschland noch nicht den Status von allgemein anerkannten Sanierungsverfahren erlangt und können allgemein noch nicht als Stand der Technik bezeichnet werden. Das Verfahren steht z. Zt. im Mittelpunkt von Forschungsvorhaben. Aktuell können erste Erfolge nachgewiesen werden [RUBIN].

Es liegen kaum ausreichende Erfahrungen bezüglich langfristiger Funktionsfähigkeit und Wirksamkeit der Reaktivität des Wandmaterials unter den im Einzelfall vorliegenden hydrochemischen und schadstoffspezifischen in-situ-Randbedingungen vor. Daher kann der Betrieb insbesondere im Hinblick auf erforderliche Austauschintervalle des Wandmaterials kostenmäßig noch nicht sicher kalkuliert werden (nicht unerhebliches Versagensrisiko, finanzielles Risiko).

- Weiterhin ist im Vergleich zu pump-and-treat-Maßnahmen mit deutlich erhöhten Investitionskosten zu rechnen und bereits bei der Planung und der Kalkulation darf ein späterer Rückbau der Wand und des Füllmaterials bei Versagen des Systems spätestens nach Ende der Sanierung nicht unberücksichtigt bleiben [Odensaß, 2002; Birke et al., 2002; Birke, 2002].
- Risiko der ungleichmäßigen Aktivkohlebeladung bei vollflächigen Wänden.
- Die Standzeit ist unklar.
- Problematisch ist die Gewährleistungsübernahme seitens der Betreiber (ggf. durch Betreibermodell mit Risikoübernahme auszugleichen).
- Es besteht ein hoher bautechnischer Aufwand.
- Ein hoher Flächenbedarf besteht während der Bauphase.
- Ein Risiko der hydraulischen Probleme (Unter-/Seitenströmung) besteht.
- Ggf. Lizenzgebühren (nur bei Funnel-and-gate und Fe-Wände) werden fällig.

Hinsichtlich des geplanten Herstellungsverfahrens für die Dichtwand lag folgender Kenntnisstand vor. Am Standort Lünen war als Herstellungsverfahren für die Dichtwand das Mixed-in-

Place-Verfahren (MIP-Verfahren) geplant. Dieses Verfahren ist ein von der Firma BAUER Spezialtiefbau GmbH patentiertes Spezialtiefbauverfahren. Mit dem MIP-Verfahren werden Wandelemente im anstehenden Boden errichtet. Hierzu werden ein entsprechendes Drehbohrgerät und eine Mischanlage benötigt, in der die Bindemittelsuspension vorgehalten und aufbereitet wird. Es findet eine Vermischung von Bindemittel und Boden in situ, d.h. an Ort und Stelle statt. Die vorhandenen Porenräume im Boden werden dabei mit einer Bindemittelsuspension verfüllt. Das Ergebnis ist ein durch die Geometrie des Arbeitsgerätes (drei nebeneinander angeordnete Endlosschnecken) definierter verfestigter Bodenkörper. Durch das so genannte doppelte Pilgerschrittverfahren entsteht eine durchgehende Wand. Die Abbildung 17 zeigt die Herstellungsreihenfolge für eine durchgehende Wand, die mit dem MIP-Verfahren erstellt werden soll.

Zur Herstellung einer MIP-Wand wird das Bohrgerät angesetzt und die am Aufbauschlitten installierten Dreifachschnecken auf die Solltiefe abgebohrt. Der so aufgelockerte Boden wird während des Auf- und Abführens des Gerätes mit der Bindemittelsuspension, die im Inneren der Bohrschnecken zugeführt wird, vermischt. Mit der Möglichkeit, jede Bohrschnecke einzeln anzusteuern und unabhängig voneinander zu drehen, ist eine sehr homogene Durchmischung von Bodenpartikeln und Bindemittelsuspension zu erzielen. Da das Verfahren seit über zehn Jahren erfolgreich eingesetzt wird, ist eine ausgereifte Mess- und Regeltechnik vorhanden. Die Regeltechnik erlaubt eine punktgenaue Ansteuerung des Dichtwandfußes. Die Messtechnik protokolliert übersichtlich den Fortschritt des Dichtwandbaus und erfasst bei der Herstellung der Mixed-in-Place-Wand zudem die für die Qualität der Vertikalabdichtung maßgebenden Parameter wie Bohrtiefe, eingebaute Suspensionsmenge, Durchfluss, Öldruck, Drehzahl, Herstellzeit, Vertikalität und Bohrwiderstand. Als weitere Qualität sichernde Maßnahme werden aus der Mischanlage während der Bauausführung laufend Suspensionsproben entnommen, die auf die einzuhaltenden Parameter geprüft werden. Des Weiteren können zur Feststellung der Homogenität der Mixed-in-Place-Wand bis auf die Endtiefe Rohre in die Wand eingestellt werden, welche nach Aussteifen des Materials gezogen werden. Der so erhaltene „Bohrkern“ kann unterschiedlichen baumechanischen und bauphysikalischen Untersuchungen unterzogen werden.

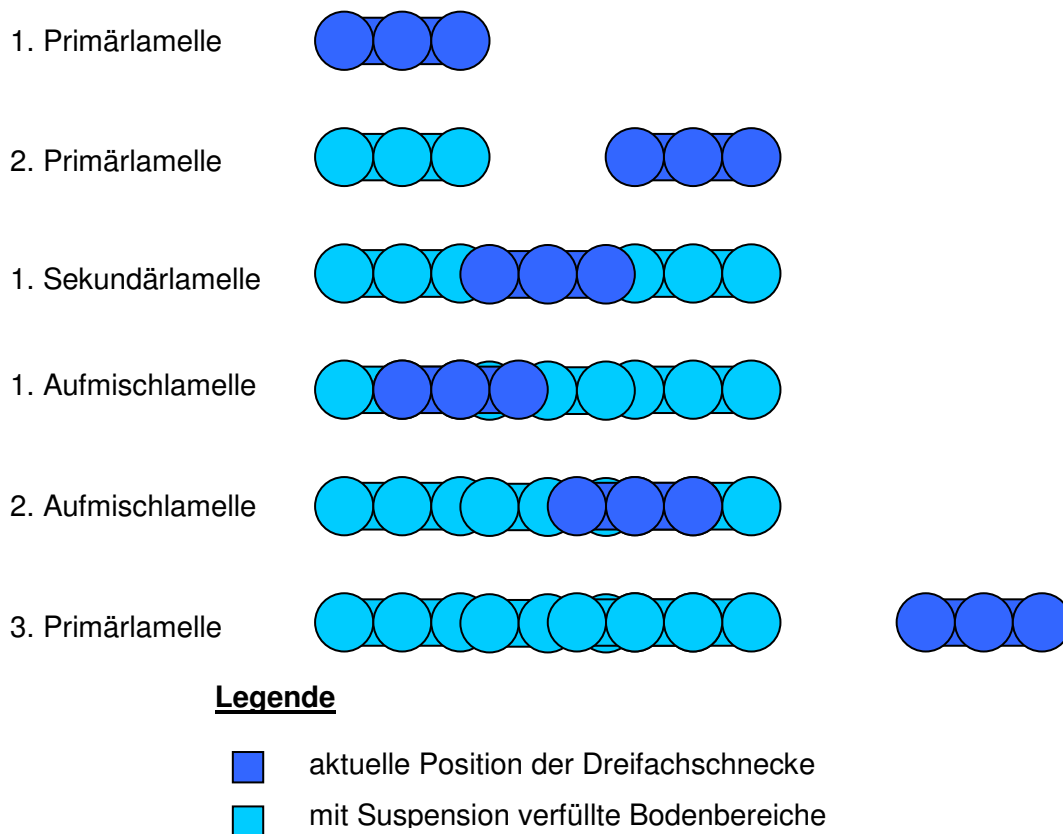


Abbildung 17: Herstellungsabfolge mit dem MIP-Verfahren erstellten Wand [Δh]

Die MIP-Technik lässt sich auf kontaminierten Standorten vorwiegend zur Immobilisierung, aber auch zur vertikalen Abdichtung anwenden. Das MIP-Verfahren ist dabei in den meisten Böden einsatzfähig. Mit der Technik sind Wanddurchlässigkeiten von $k < 10^{-8}$ m/s gut erreichbar. Die Druckfestigkeiten, die für rein abdichtende Wände erreicht werden sollen, liegen im Bereich $< 1,0$ MN/m². Bindige Böden können allerdings die endgültige Festigkeit der MIP-Wand vermindern. Sie bilden am Standort aber keine Beeinträchtigung. Die derzeit verfügbare Gerätetechnik ermöglicht die Errichtung von MIP-Wänden zur vertikalen Abdichtung mit Wanddicken von 370 und 550 mm in Tiefen von bis zu 16,5 m und ist damit für eine vertikale Abdichtung auf dem Gelände der GfV AG (früher HARPEN AG) ausreichend. Die beim MIP-Verfahren eingesetzten Bohrschnecken sind nicht in der Lage, durchgängige Felschichten zu durchörtern oder auch einzelne Findlinge zu überwinden, welche bisher aber auf dem Untersuchungsgelände nicht erkundet worden sind. Sollte man bei der Trassenerkundung in größerem Maße auf derartige Hindernisse treffen, ist die Herstellung einer MIP-Wand auf dem Altstandort der GfV AG (früher HARPEN AG) auszuschließen, wenn eine Umfahrung, d.h. Trassenänderung, nicht möglich ist. Kleinere Bohrhindernisse können beim Mixed-in-Place-Verfahren aufgrund der Drehbewegung des Bohrers an die Seite gedrückt werden.

Das Herstellungsverfahren zeichnet sich durch die folgenden Merkmale aus: Bei der Herstellung einer MIP-Wand fällt kein Bohrgut an und Rammbelastungen treten nicht auf. Darüber hinaus ist das MIP-Verfahren eine sehr günstige Variante zur Erstellung von Wänden im Untergrund mit rein abdichtender Funktion im Gegensatz zu Schlitzwänden. Sie ist in der Trassenführung sehr variabel. Die MIP-Wand weist in der Regel eine sehr hohe Beständigkeit gegen chemischen Angriff auf, woraus eine erhöhte Langzeitstabilität resultiert. Dies ist für den vorliegenden Fall bezüglich des Sulfatgehaltes im Bereich der geplanten Trasse gegenüber einer herkömmlichen Schlitzwand ein entscheidender Vorteil. Die geforderten Eigenschaften des Endproduktes, wie z. B. eine flächigen Durchlässigkeit von $k_f \leq 10^{-8}$ m/s, setzen der Einsetzbarkeit des Verfahrens keine Grenzen.

Eine MIP-Wand ist stabil gegen Pflanzeneinfluss, Mikroorganismen und Wasserschwankungen. Eine Reparierbarkeit ist nach der Ortung einer Undichtigkeit durch Überbohren problemlos möglich. Die konkrete Planung der Dichtwand sollte unter den gegebenen Standortbedingungen zudem ein Forschungselement darstellen. Die Grenzen und Möglichkeiten der Dichtwandtechnik sollten dabei herausgearbeitet werden.

5. Literatur

Die folgende Zusammenstellung gibt eine Übersicht über die verwendete Literatur und benutzten Informationssysteme.

American Petroleum Institute, Recommended Practice Standard Procedure for Field Testing Drilling Fluids, Recommended Practice 13B (RP 13B), Twelfth Edition, 1988

ANNEN, G., Dr. STALMANN, V., Eignung von Nebengestein des Kohlenbergbaus (Waschberge) zum Bau von Deichen und Dämmen, - Technisch- Wissenschaftliche Mitteilungen der Emschergerossenschaft und des Lippeverbandes, Heft 7, Vulkan-Verlag Dr. W. Classen, Essen, 1968

Bamforth, S.M., Singleton, I., Bioremediation of polycyclic aromatic hydrocarbons: current knowledge and future directions, J. Chem. Techn. Biotechnol. 80: 723-736, 2005

Birke, V., Burmeier, H., Rosenau, D., Sanierung kontaminierter Grundwasserleiter mittels durchströmter Reinigungswände: Stand der Entwicklung in Deutschland 2002, Atlanten Spektrum, 2002, 6: 304—311

- Birke, V., Burmeier, H., Rosenau, D., PRB technologies in Germany: recent progress and new developments. In: Proceedings of the Third International Conference on Remediation of Chlorinated and Recalcitrant Compounds (Eds: Gavaskar, A. R. and Chen, A.S.C.), Monterey, May 2002. ISBN 1-57477-132-9, Battelle Press, Columbus, OH., 2002a
- Birke, V. Überblick über den Einsatz von Reinigungswänden und -barrieren in Deutschland, Workshop ENA-CKW, 26.09. — 27.09., Technologie Zentrum Schwerte, Schwerte, 2002
- Birke, V., Burmeier, H., Rosenau, D., Design, construction, and operation of tailored permeable reactive barriers. In: Practice Periodical of Hazardous, Toxic, and Radioactive Waste Management. American Society of Civil Engineers, Reston, S. 265 – 280, 2003
- Birke et al.: Zur Abreinigungsleistung durchströmter Reinigungswände (PRB): Hinweise und Rückschlüsse für die Sanierungspraxis und weitere Entwicklung, Altlastenspektrum 06/2004, 301-317, 2004
- Blotevogel, J., T. Held, G. Rippen, P. Wiesert, Heterocyclische Aromaten und andere teeröltypische Schadstoffe im Grundwasser. TP1: Bewertung der Stoffeigenschaften und des Vorkommens im Hinblick auf das Potenzial an natürlichem Rückhalt und Abbau. BMBF-Projekt KORA (Fördernummer 02 WN 0355), 2007
- Briechle, D.: Beitrag zur Berechnung von Transmissivitätswerten aus Grundwasserstandsgleichenplänen. – Wasserwirtschaft 87 (12), 1978
- Broholm, K, Hansen, A. B., Jorgensen, P. R. , M. M.; Arvin, E., Hansen, M. M., Transport and biodegradation of creosole compounds in a large intact fractured clayey till column, 1999
- Broholm, M. M.; Arvin, E., Biodegradation of phenols in a sandstone aquifer under aerobic conditions and mixed nitrate and iron reducing conditions. J. Contam. Hydrol. 44(3-4), 239-273, 2000
- Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF). Forschung für die Nachhaltigkeit (fona). Rahmenprogramm des BMBF für eine zukunftsfähige innovative Gesellschaft. Bonn, Berlin 2004
- Bühning, F., Hunke, D. Schlegel, W. & Wessernius, H. Kontinuierlich arbeitende Schlitzfräsen und ihre Einsatzmöglichkeiten, Sonderdruck aus bbr Brunnenbau — Bau von Wasserwerken — Rohrleitungsbau, 3, 1989: 1 — 4

- Collin, G., Zander, M., Ullmans Enzyklopädie der Technischen Chemie (Kapitel 22). Verlag Chemie, Weinheim, 411-446, 1985
- Cozzarelli, I. M., Baedeker: M. J., Eganhouse, R. P., Goerlitz, D. F., The geochemical evolution of flow molecular weight organic acids deived from the degradation of petroleum contaminants in groundwater. *Geochm. Cosmochim. Acta.* 58, 863-877, 1994
- Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V., GDA-Empfehlungen Geotechnik der Deponien und Altlasten. 3. Auflage, Ernst & Sohn, Berlin, 1997
- Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V., Empfehlungen des Arbeitsausschusses "Ufereinfassungen", Häfen und Wasserstraßen, EAU 2004. 10. Auflage, Ernst & Sohn, Berlin, 2005
- Deutscher Planungsatlas Band Nordrhein-Westfalen, Potentielle natürliche Vegetation, Akademie für Raumforschung und Landesplanung NRW – Landesplanungsbehörde, 1972
- Dörhöfer, G. & Josopait, V.: Eine Methode zur flächendifferenzierten Ermittlung der Grundwasserneubildungsrate. *Geol. Jb.*, C27: 45-65, Hannover, 1980
- Düllmann, Forschungs- und Entwicklungsvorhaben: Bodenphysikalische Untersuchung und Bewertung von mineralischen Stoffen für Deponie-Basisabdichtungen - Abschlussbericht, 1985
- Frind, E.O.; Burnett, R. D.: Simulation of contaminant transport in three dimensions, 2. Dimensionality effects. *Water Resour. Res.*, 23(4), pp. 695-705, 1987
- Gelhar, L. W.; Welty, D.; Rehfeldt, K. R.: A critical review of data on field-scale dispersion in aquifers. *Water Resour. Res.*, 28(7), pp. 1955-1974, 1992
- Henry, H. R.: Effects of dispersion on salt encroachment in coastal Aquifers. Sea water in coastal aquifers, U.S. Geological Survey Water Supply Paper 1613-C, pp. C71-C84, 1964
- Huske, J., Die Steinkohlenzechen im Ruhrrevier, Selbstverlag des Deutschen Bergbaumuseums Bochum, 1988
- Huttenloch, P., Neue Sorptionsmedien für die Grundwassersanierung mit Reaktiven Wänden. Dissertation, Universität Karlsruhe 2002.
- Hydrocoin Project: The international hydrocoin project, Level 1: Code verification. OECD (Hrsg.), 1988

- Hydrologische Karte, Blatt Lünen Nr. 154a der Westfälische Berggewerkschaftskasse, Ausgabe 1980
- Ingenieurtechnischer Verband Altlasten e.V., Hydraulische Maßnahmen, Arbeitshilfe-H1-10, Berlin, September 1999
- Ingenieurtechnischer Verband Altlasten e.V., Monitored Natural Attenuation, Entwurf, Arbeitshilfe-H1-12, Berlin, November 2003
- Kerzel, Ch.: Komponenten des Stofftransportes in Porengrundwasserleitern. - Dissertation RWTH Aachen, Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft, Heft 59, 1987
- König, C.M.: Numerische Berechnung des dreidimensionalen Stofftransports im Grundwasser. TWM 91-13, Ruhr-Universität Bochum, 1991
- Kuhlmann, U.: Inverse Modellierung in geklüfteten Grundwasserträgern. – Technischer Bericht 93-19, NAGRA, Wettingen, 1994
- Leys, N.M., Bastiaens, L., Verstraete, W., Springael, D., Influence of the Carbon/Nitrogen/Phosphorus Ratio on Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Degradation by Mycobacterium and Achromobacter in Soil. Appl. Microbiol. Biotechnol. 66: 726-736, 2005
- Lifka, J.; Ondruschka, B. & Hofmann, J. Einsatz von Ultraschall zum Schadstoffabbau in Wasser: Aquasonolyse — Eine Übersicht Chemie Ingenieur Technik, 2002: 74 (4), 403 —413.
- Lorbeer, H, Starke, S., Gozan, M., Tiehm, A., Werner, P., Bioremediation of chlorobenzene-contaminated groundwater on granular activated carbon barriers. Water, Air, and Soil Pollution: Focus 2, 183-193, 2002
- Löb, Städteökologischer Fachbeitrag: Lünen; Recklinghausen, 2004, 13 ff.
- LUA - Landesumweltamt Nordrhein Westfalen, Leistungsbuch Altlasten und Flächenentwicklung 2004/2005 (Schriftenreihe "Materialien zur Altlastensanierung und zum Bodenschutz" (MALBO), Band 20), Essen, 2005
- Mansfeldt, T., Ehemalige Gaswerk- und Zechen-Kokereistandorte in Nordrhein-Westfalen: Ein aktueller Überblick. Z.Umweltchem. Ökotox. 12, 122-123, 2000
- Mänz, Sebastian, Untersuchungen des Adsorptionsverhaltens aromatischer Kohlenwasserstoffe aus Grundwasserproben auf Aktivkohlen. Diplomarbeit Universität Lüneburg, 2007

- Martin, P.J. & Frind, E.O.: Modeling a complex multi-aquifer system: The Waterloo Moraine. Ground Water. Vol. 36, no. 4, pp. 679-690. Aug. 1998
- Martus, P., Erstellung und Anwendung eines Untersuchungs- und Auswertungsprogramms zum Nachweis von natürlichen Abbau- und Rückhalteprozessen im Grundwasser, Dissertation an der J.W. Goethe-Universität Frankfurt/M, Frankfurt/M, 2003
- Messer, J.: Auswirkungen der Urbanisierung auf die Grundwasserneubildung im Ruhrgebiet unter besonderer Berücksichtigung der Castroper Hochfläche und des Stadtgebietes Herne; DMT Berichte aus Forschung und Entwicklung, Heft 58, 1997
- Meyer, D., Ruck, W., Palm, W.-U., Identification and quantification of PAH metabolites in contaminated groundwater. 8th Analytical Russian-German-Ukrainian Symposium, Hamburg, 2003
- Meyer, D.: Ruck, W., Palm, W.-U., Development of an extraction method for PAH; Hetero-PAH and metabolites in groundwater. Analytika, München, 2004a
- Meyer, D.: Ruck, W., Palm, W.-U., Development of an extraction method for PAH; Hetero-PAH and metabolites in groundwater. SETAC-Tagung, Prag, 2004b
- Meyer, S., Steinhart, H., Simultaneous determination of PAHs, hetero-PAHs (C,S,O), and their degradation products in creosote-contaminated soils. Method development, validation, and application to hazardous waste sites. Anal Chem. 71, 4023 – 4029, 1999
- Michels, J.; Track, T.; Gehrke, U. & Sell, D. Biologische Verfahren zur Bodensanierung, Leitfaden, Hrsg. Umweltbundesamt, Berlin, 2001
- Mundt, M., Althoff, K., Dott, W., Hollender, J., Microbial degradation of tar oil compounds under different redox conditions, Acta Hydrochimica et Hydrobiologica, 31(3): 204-212, 2003
- Odensaß, M. & Schroers, S. Durchströmte Reinigungswände — aktueller Kenntnisstand —, LUA — Fortbildungsveranstaltung „Gefährdungsabschätzung und Sanierung von Altlasten“ 02.07.- 03.07., BEW, Essen, 2002
- Ondrus, M. G., Steinheimer, T. R., High-performance liquid chromatographic determination of azaarenes and their metabolites in groundwater affected by creosote wood preservatives. J. Chromatogr. Sci. 28, 324-330, 1990
- Schmitt, R., Langguth, H. R., Püttmann, W., Rohns, H.P., Eckert, P., Schubert, J., Biodegradation of aromatic hydrocarbons under anoxic conditions in a shallow sand and gravel aquifer of the Lower Rhine Valley, Germany. Org. Geochem., 25, 41 — 50, 1996

- Schmitt, R., Langguth, H. R., Püttmann, W., Abbau aromatischer Kohlenwasserstoffe und Metabolitenbildung im Grundwasserleiter eines ehemaligen Gaswerkstandortes. Grundwasser - Zeitschrift der Fachsektion Hydrogeologie 2/98: 78—86, 1998
- Schroeder, M. & Wyrich D.: Eine in Nordrhein-Westfalen angewendete Methode der flächendifferenzierten Ermittlung der Grundwasserneubildungsrate. DGM, 34, Koblenz, 1990
- SPRING® Benutzerhandbuch zum Programmsystem zur Berechnung von zwei- und dreidimensionalen Grundwasserströmungs- und Transportmodellen; Version 3.4, delta h Ingenieurgesellschaft mbH, Dortmund, 2006
- Steffensen, B.: Bericht zum Workshop: Reaktive Wände – Funnel and Gate, Nicht-technische Bedingungen der Einführung einer neuen Technik bei der Altlastensanierung, Nr. 97/1998, ISBN 3-932013-21-2
- Thiem, A., TU Hamburg-Harburg, Reports on Sanitary Engineering, 1999: 25, 167— 180.
- Tiehm, A., Gozan, M., Müller, A., Schell, H., Lorbeer, H., Werner, P., Sequential anaerobic/aerobic biodegradation of chlorinated hydrocarbons in activated carbon barriers. Water Science & Technology: Water Supply 2(2): 51-58, 2002
- van Genuchten, M. Th.: A close-form equation for predicting the hydrostatic conductivity of unsaturated soils. Soil Science Society of America Journal, no. 5, pp. 892-898, 1980
- Vigue, B.W., Pasrich, G., Koenigsberg, S.S. Hydrogen Release Compound: A Cost- Effective Alternative to PCE Remediation at Dry Cleaning Facilities, Remediation, Spring, 2002: 124—140
- Werner, P., Tiehm, A., Lorbeer, H., Müller, A., Selle, M., Schell, H., Eliminierung von leichtflüchtigen chlorierten, aromatischen und chloraromatischen Kohlenwasserstoffen durch Adsorption und Abbau auf Aktivkohle bei der in situ-Sanierung durch passive Systeme. Abschlussbericht zum Teilvorhaben B1.2 (Förderkennzeichen 02WT9937/7) im Rahmen des BMBF-Vorhabens „Sanierungsforschung in regional kontaminierten Aquiferen (SAFIRA)“, Dresden und Karlsruhe, 2003
- Workshop ENA-CKW, 26.09. — 27.09., Technologie Zentrum Schwerte, Schwerte, 2002
- Zamfirescu, D., Grathwohl, P. (2001). Occurrence and attenuation of specific organic compounds in the groundwater plume at a former gaworks site. J. Contam. Hydrol. 53,407—427.

Internet:

<http://www.epa.gov/opptintr/exposure/pubs/episutedl.htm>

EPA (2007). EPI-Suite Version 3.20, Environmental Protection Agency (Office of Pollution Prevention Toxics)

<http://www.clu-in.org/download/newsletters/gwc0699.pdf>

http://www-civ.eng.cam.ac.uk/geotech_new/posters/indu.pdf

http://www.nitg.tno.nl/ned/projects_new/pdf_s/6_25eng.pdf

www.iws.uni-stuttgart.de (Vegas)

<http://www.rubin-online.de>

RUBIN (2005). Reaktionswände und -barrieren im Netzwerkverbund. BMBF Forschungsverbund

www.cees.njit.edu/NHSRC/research/projdesc/rd10.htm

Hanesin, D.; Perna, A. J.; Schuring, J. & Fernandez, H. J. Ultrasonic Enhancement of Soil Fracturing Technologies for In-Situ Detoxification of Contaminated Soil

<http://www.uni-leipzig.de/patente/patent21.htm>

www.drycleancoalition.org

www.uvm.badenwuerttemberg.de/alfaweb/berichte/mza27/sta10.html

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, LFU, Statusbericht Altlasten, Materialien zur Altlastenbearbeitung, Band 27, Karlsruhe, 1997,

www.rubin.de

Birke, V. Reinigungswände 2002 Internationaler Stand, Vortragsfolien,

www.gd-nrw.de (GD NRW 2006)

http://www.baumaschine.de/Portal/TbgT/spezialtiefbau_2003/thema3/a008_011.pdf

<http://www.rtdf.org/PUBLIC/PERMBARR/minutes/110702/krug-1.pdf> [Monitoring of a ZVI PRB at the Somersworth Superfund Site Two Years After Installation Thomas Krug¹, Karen Berry-Spark¹, Suzanne O'Hara¹, Carl Elder¹, Michael Jordan¹, and Tim Sivavec²; GeoSyntec Consultants¹, General Electric Company²]

Firmenprospekte:

Firmenprospekt Bio Soil Deutschland GmbH, Halle/ Saale

Firmenprospekt Drilltec GUT GmbH

Es wurden außerdem Fachgespräche mit Vertretern der BMBF-Forschungsvorhaben SAFI-RA und RUBIN geführt.

Als weitere nicht öffentliche Quellen sind die folgenden Gutachten zum Standort Victoria Lünen 1/2 zu nennen.

- 04/1985 Ergebnisse der Bohrungen 1, 2, 3, 3a, und 3b,
WBK Bochum im Auftrag der Harpen AG
- 04/1985 Schichtenverzeichnisse der Bohrungen 1, 2, 3, 3a und 3b aus dem Bereich der
ehem. Kokerei „Victoria Lünen“,
WBK, Bochum im Auftrag der Harpen AG
- 03/1988 Boden- und Grundwasseruntersuchungen, Zwischenbericht,
WBK Bochum im Auftrag der Harpen AG
- 01/1989 Erstellung eines hydrogeologischen Gutachtens des westlichen Geländes der
ehemaligen Schachanlage Victoria 1/2 in Lünen,
WBK, Bochum im Auftrag der Harpen AG
- 11/1990 Sanierungsuntersuchung ehemalige Zeche und Kokerei Victoria 1/2 , Lünen
(westlicher Bereich),
Institut Fresenius, Dortmund im Auftrag der Harpen AG
- 01/1991 Chemische Untersuchung der Bergehalde auf dem nordwestlichen Gelände (vor
dem Hintergrund einer Verwendung zur Verfüllung der Geländemulde im Osten),
Institut Fresenius, Dortmund im Auftrag der Harpen AG
- 02/1991 Untersuchung des Lippewassers auf mögliche Verunreinigungen durch PAK und
BTX als Folge des Grundwasserabstroms aus dem Gelände der ehem. Kokerei
und Zeche Victoria 1/2,
Institut Fresenius im Auftrag der Harpen AG
- 04/1991 Sachstandsbericht zur Sanierungsuntersuchung,
Institut Fresenius im Auftrag der Harpen AG
- 01/1992 Sachstandsbericht zur Sanierungsuntersuchung,
Institut Fresenius (31.01.1992) im Auftrag der Harpen AG
- 03/1992 Informationsgespräch (25.03.1992) zur Gefährdungsabschätzung/ Sanierungsun-
tersuchung der ehem. Zeche und Kokerei Victoria 1/2 in Lünen
- 11/1993 Sachstandsbericht über die laufenden Untersuchungen auf dem Gelände Victoria
1/2,
Institut Fresenius (09.11.1993) im Auftrag der Harpen AG
- 01/1994 Bodenuntersuchung auf dem Gelände der ehemaligen Zeche Victoria 1/2 in Lü-

- nen,
Institut Fresenius, Dortmund im Auftrag der Harpen AG
- 04/1994 Grundwasseruntersuchungen auf dem Gelände der ehemaligen Zeche Victoria 1/2 in Lünen (Quartär und Kreide),
Institut Fresenius, Dortmund im Auftrag der Harpen AG
- 02/1995 Dokumentation von Baggerschürfen,
Institut Fresenius (17.02.1995) im Auftrag der Harpen AG
- 10/1995 Industriegeschichtliche Recherche,
EWA Entwicklungsagentur Östliches Ruhrgebiet
- 03/1996 Untersuchungen der hydraulischen Eigenschaften des kretazischen Aquifers im Uferbereich der Lippe auf dem Gelände der ehemaligen Zeche und Kokerei Victoria 1/2 in Lünen,
Institut Fresenius, Dortmund im Auftrag der Harpen AG
- 04/1996 Zusammenfassende Darstellung der Bodenbelastungssituation auf der Fläche Victoria 1/2 in Lünen im Hinblick auf die geplante Folgenutzung als Industrie- und Gewerbegebiet,
DMT, Essen im Auftrag der EWA GmbH, Bergkamen
- 06/1996 Baugrunduntersuchung für das Bauvorhaben Victoria 1/2 in Lünen zur Beurteilung der Bebaubarkeit (südlich der Bahnlinie),
UCON GmbH, Bochum im Auftrag der Harpen AG
- 07/1996 Gutachterliche Stellungnahme zu potentiellen Untergrundverunreinigungen in einem unter Bergaufsicht stehenden Teilbereich,
Institut Fresenius, Dortmund (25.07.1996) an die Harpen AG
- 08/1996 Grundwasseruntersuchung auf dem Gelände der ehem. Zeche Victoria 1/2 in Lünen (Chemie und Grundwassergleichenspläne) für beide Aquifere,
Institut Fresenius, Dortmund (05.08.1996) an die Harpen AG
- 06/1997 Stellungnahme zur Belastungssituation auf Grundlage der Behörde vorliegender Gutachten (Stellungnahme erst zum jetzigen Zeitpunkt, da vorher nicht bekannt war, dass die entsprechende Fläche bereits aus der Bergaufsicht entlassen worden ist), Forderung nach verschiedenen Untersuchungsmaßnahmen hinsichtlich der Grundwassersituation,
Kreis Unna (11.06.1997) an die Harpen AG
- 08/1997 Durchführung von Untergrunduntersuchungen auf dem Gelände des Grubenwehrheimes, ehem. Zeche Victoria 1/2 in Lünen,
Institut Fresenius im Auftrag der Harpen AG

- 09/1997 Machbarkeitsstudie zur Sanierung des nördlichen Bereiches Victoria 1/2, Lünen als Wohngebiet (nördlich der Bahnlinie),
DMT, Essen, im Auftrag der EWA GmbH, Bergkamen
- 12/1997 Ergebnisse von Grundwasseranalysen auf PAK, BTEX, Vor-Ort-Parameter (Pegel XXIV, XXVIII-M),
Institut Fresenius, Dortmund (11.12.1997) an Harpen AG
- 01/1999 Protokolle des Freipumpens von Grundwassermessstellen (B8, B9, B12Q, B12M, B16a, 617, B18, B19, B20, B21, B22, B23, B24, B25, B26, B27, B28, B29, B30),
Institut Fresenius; Dortmund (08.06.1999) im Auftrag der Harpen AG
- 03/1999 Schichtenverzeichnisse der neu errichteten Grundwassermessstellen (B29, B30),
Institut Fresenius, Dortmund (03.03.1999) an Harpen AG
- 06/1999 Baugrunduntersuchung zur Beurteilung der Bebaubarkeit für das Gelände der ehem. Zeche und Kokerei Victoria 1/2 in Lünen (Bereich nördlich der Bahnlinie),
UCON GmbH, Bochum im Auftrag der Harpen AG
- 09/2001 Standsicherheits- und Bodenuntersuchungen für die Resthalde der ehemaligen Zeche Victoria 1/2 in Lünen,
GEOBAU GmbH, Bochum im Auftrag der Harpen AG
- 10/2001 Zusammenfassende Stellungnahme zum Gutachten ~Standsicherheits- und Bodenuntersuchung für die Resthalde“,
GEOBAU GmbH, Bochum im Auftrag der Harpen AG
- 01/2003 Bericht zum Sicherungskonzept (Abflachung und Abdeckung der Resthalde),
GEOBAU GmbH, Bochum im Auftrag der Harpen AG
- 02/2003 Bericht zu Grundwasseruntersuchungen 04/1999 bis 01/2001 mcl. Kontrollanalytik vom April 2002
Darstellung der gesamtökonomischen Auswirkung (Ökobilanz) bei Durchführung bzw. Nicht-Durchführung von Sanierungsmaßnahmen,
Institut Fresenius, Dortmund im Auftrag der Harpen AG
- 02/2004 Flächenentwicklung -Ehemalige Zeche und Kokerei Victoria 1/2 in Lünen - Aufstellung eines Untersuchungsprogramms,
Altenbockum & Partner, Geologen, Aachen im Auftrag der Harpen AG
- 09/2004 Flächenentwicklung ehem. Zeche und Kokerei Victoria 1/2 in Lünen, Sanierungsuntersuchung, Teil A, Sachstandsermittlung,
Altenbockum & Partner, Aachen im Auftrag der Harpen AG
- 08/2005 Grundwassermodellierung Ehemalige Zeche Victoria 1/2 in Lünen,
delta h Ingenieurgesellschaft mbH, Dortmund im Auftrag der Harpen AG

- 08/2005 Flächenentwicklung ehem. Zeche und Kokerei Victoria 1/2 in Lünen, Sanierungsuntersuchung, Teil B, Grundwasser, Altenbockum & Partner, Aachen im Auftrag der Harpen AG
- 09/2005 Ehemalige Zeche und Kokerei Victoria 1/2 in Lünen, Gutachten über die Bau-
grundverhältnisse im Bereich der Dichtwandtrasse und Standsicherheitsberechnungen für die Bestandsböschung, Geotechnisches Büro Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann GmbH, Aachen im Auftrag von Altenbockum & Partner Geologen, Aachen
- 10/2005 Flächenentwicklung ehem. Zeche und Kokerei Victoria 1/2 in Lünen, Hydraulische Grundwassersanierung — Vorplanung —, Altenbockum & Partner, Aachen im Auftrag der Harpen AG
- 08/2006 Ehemalige Zeche und Kokerei Victoria 1/2 in Lünen, Ergänzende Baugrunduntersuchung, Geotechnisches Büro Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann GmbH, Aachen im Auftrag der Harpen AG
- 12/2006 Förderprojekt Victoria 1/2 Grundwassersanierung in Lünen, Laborative Eignungsuntersuchung Dichtwandmasse, IGH Ingenieurgesellschaft Grundbauinstitut Dr.-Ing. Weseloh – Prof. Dr.-Ing. Müller-Kirchenbauer mbH, Hannover im Auftrag der Harpen AG
- 01/2007 Zeche und Kokerei Victoria 1/2 in Lünen Grundwassersanierung, Naturschutzrechtliche Eingriffsregelung, Hermanns Architekten . Ingenieure . Landschaftsarchitekten, Hattingen im Auftrag Gesellschaft für Vermögensverwaltung AG
- 01/2007 Zeche und Kokerei Victoria 1/2 in Lünen Grundwassersanierung, FFH-Prüfung, Hermanns Architekten . Ingenieure . Landschaftsarchitekten, Hattingen im Auftrag Gesellschaft für Vermögensverwaltung AG

6. Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Die Zusammenarbeit mit anderen Stellen umfasste den Kreis Unna, dem der Sanierungsplan zum Zweck der Einholung einer Verbindlichkeitserklärung vorgelegt wurde, sowie den Lippe-Verband, der im Rahmen der Voruntersuchungen in die fachliche Diskussion eingebunden war. Auch mit den Mitgliedern des Beirates wurde zusammen gearbeitet und Informationen ausgetauscht.

Zum anderen erfolgte von Seiten der GfV Gesellschaft für Vermögensverwaltung AG (früher Harpen AG) eine Zusammenarbeit mit diversen Auftragnehmern, deren Leistungen u. a. im Rahmen der durchzuführenden Voruntersuchungen abgerufen wurden. Hierzu zählten:

- Altenbockum & Partner, Geologen, Aachen
- FOCON GmbH, Aachen
- GUT Umwelttechnik GmbH, Endemissen
- Universität Lüneburg, Institut für Ökologie und Umweltchemie, Lüneburg
- delta h Ingenieurgesellschaft mbH, Dortmund
- Dipl.-Ing. Max Gatzke, öffentlich bestellter Vermessungsingenieur, Lünen
- Geotechnisches Büro Prof. Dr. Ing. H. Düllmann GmbH, Aachen
- IGH Ingenieurgesellschaft Grundbauinstitut Dr.-Ing. Weseloh – Prof. Dr.-Ing. Müller-Kirchenbauer mbH, Hannover
- Hermanns Architekten . Ingenieure . Landschaftsarchitekten, Hattingen
- Fluhme & Sohn, Bohrungen, Bergkamen
- Röhrenwerke Kupferdreh Carl Hamm GmbH, Essen
- horst weyer und partner, Düren
- TAXUS, Baum und Landschaftspflege, Lünen

Die Beteiligten haben die wesentlichen Ergebnisse der im Rahmen ihrer Beauftragung durchgeführten Leistungen in entsprechenden Berichten dokumentiert, soweit dies nach Art der erbrachten Leistung möglich war. Die Einzelberichte sind in diesen Abschlussbericht eingeflossen.

Teil II: Eingehende Darstellung

1. Verwendung der Zuwendungen und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen mit Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele

Die Zuwendungen des Fördermittelgebers fanden für folgende Leistungen Verwendung:

- a) Durchführung von Untersuchungen und Planungen für das Dichtwandprojekt
- b) Aktivkohleuntersuchung
- c) Erstellung eines Grundwassermodells
- d) Durchführung von Vermessungsarbeiten
- e) Durchführung von Baugrunduntersuchungen
- f) Laborative Eignungsuntersuchung der Dichtwandmasse
- g) Erstellung der naturschutzrechtlichen Eingriffsbilanzierung und FFH-Prüfung
- h) Durchführung einer Bohrung für die Kreidemessstelle
- i) Lieferung von Grundwasserstandsdatenloggern
- j) Durchführung von Planungsleistungen im Bereich der Mess- und Regeltechnik
- k) Erstellung von Ausschreibungsunterlagen für den geplanten Bau der Dichtwand
- l) Durchführung von Rodungen im Bereich der geplanten Baustelle

In nachstehender Tabelle 3 erfolgt die Darstellung der erzielten Ergebnisse bei gleichzeitiger Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele:

Tabelle 3: Bewertung der geleisteten Arbeiten hinsichtlich der vorgegebenen und erzielten Ergebnisse

Nr.	Beauftragte Leistungen	Vorgegebene Ziele	Erzielte Ergebnisse
a)	Durchführung von Untersuchungen und Planungen für das Dichtwandprojekt	Es wurde im Vorfeld dieses Vorhabens ein Sanierungsplan erarbeitet, auf dessen Grundlage das Dichtwandprojekt aufgesetzt wurde. Die im Rahmen dieser Planung durchgeführten Untersuchungen waren Voraussetzung für die weitere Planung des Gesamt-	Das vorgegebene Ziel wurde erreicht.

Nr.	Beauftragte Leistungen	Vorgegebene Ziele	Erzielte Ergebnisse
		projektes inklusiv des Bauvorhabens. Diese Teilaufgabe dieses Vorhabens war die Erstellung der für die Durchführung des Dichtwandprojektes erforderlichen Untersuchungen und Planungen im Hinblick auf das vorgegebene Sanierungsziel.	
b)	Aktivkohleuntersuchung	Das Grundwasser am Standort Lünen sollte hinsichtlich der chemischen Bestandteile kontinuierlich beprobt und untersucht werden. Es sollte eine Anwendung der Analytik der PAK, Hetero-PAK und deren Metaboliten auf das Realwasser in Lünen angewendet werden. Des Weiteren sollte eine Analytik zu den leichtflüchtigen organischen Komponenten aufgebaut werden. Anschließend wurde durch Untersuchungen verschiedener Aktivkohlen eine Aussage hinsichtlich geeigneter Materialien getroffen. Anhand von Adsorptionsmessungen auf Aktivkohle mit künstlichem und realem Wasser sollte eine quantitative Charakterisierung mit geeigneten Parametern (z.B. Freundlich Isothermen) vorgenommen werden. Die Durchführung von Säulenexperimenten mit dem Realwasser vom Sanierungsgelände wurde durchgeführt. Eine geschätzte Standzeit für die zu erstellenden Reaktoren war zu ermitteln. Außerdem sind Untersuchungen zu heterocyclischen aromatischen Verbindungen und deren Metaboliten hinsichtlich der Adsorption auf Aktivkohle durchzuführen.	Das vorgegebene Ziel wurde erreicht.
c)	Erstellung eines Grundwassermodells	Für die Ermittlung einer Ausführungsvariante sollte ein numerisches 2D-Grundwasserströmungsmodell erstellt werden. Für die Detailplanung und komplexe Fragestellungen bezüglich der Interaktion zwischen dem Vorfluter Lippe und	Das vorgegebene Ziel wurde erreicht.

Nr.	Beauftragte Leistungen	Vorgegebene Ziele	Erzielte Ergebnisse
		der Sanierungsmaßnahme speziell für den Bemessungsfall „Hochwasser“ sollte ein 3D-Modell erstellt werden. Mit Hilfe von Prognoserechnungen sollten eine optimale Geometrie und Lage der Bauwerke und die optimale Dimensionierung der Drainagestränge für die Ausführungsvariante „Dichtwand“ erfolgen. Der Nachweis, dass die Dichtwand weder über- noch unter- und auch nicht umströmt wird sollte erbracht werden.	
d)	Durchführung von Vermessungsarbeiten	Ermittlung von Vermessungsdaten z.B. Aufnahme der Lippeterassen und Höhenangaben als unerlässliche Eingangsgröße für die weitere Planung der Sanierungsanlage und als Grundlage für Beweissicherungsverfahren.	Das vorgegebene Ziel wurde erreicht.
e)	Durchführung von Baugrunduntersuchungen	Durchführung von Baugrunduntersuchungen, um Baugrundrisiken (Setzungen, Rutschungen) zu reduzieren bzw. auszuschließen und Gewinnung von Probenmaterial für die laborative Eignungsuntersuchung der Dichtwandmasse. Durchführung von Standsicherheitsberechnungen für die Bestandsböschung, um den Verlauf der Dichtwand festlegen zu können. Ermittlung eines verdichteten Rasters der Tiefenlage des natürlichen Grundwasserstauers als Einbindehorizont für die Dichtwand. Erkundung des Aufbaus der heterogenen Auffüllung im Bereich des Geländeeinschnittes.	Das vorgegebene Ziel wurde erreicht.
f)	Laborative Eignungsuntersuchung der Dichtwandmasse	Ermittlung einer geeigneten Rezeptur für die Dichtwandmasse für die im Mixed-in-Place Verfahren zu erstellende Dichtwand unter Einbeziehung verschiedener Rezepturen und für die Bedingungen am Standort Lünen, die im Labor	Das vorgegebene Ziel wurde erreicht.

Nr.	Beauftragte Leistungen	Vorgegebene Ziele	Erzielte Ergebnisse
		hinsichtlich ihrer Festigkeit und Durchlässigkeit zu untersuchen waren.	
g)	Erstellung der naturschutzrechtlichen Eingriffsbilanzierung und FFH-Prüfung	Im Rahmen der Genehmigungsplanung muss die Baumaßnahme im Rahmen der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung beurteilt werden.	Das vorgegebene Ziel wurde erreicht.
h)	Durchführung von Bohrungen für die Kreidemessstelle(n)	Um genauere Kenntnis über die Grundwasserströmung zu erhalten, sollten Grundwassermessstellen im 2.Grundwasserleiter (in der Kreide) hergestellt werden. Mit Hilfe der gewonnen Daten und Informationen kann dann eine Aussage hinsichtlich der Schadstoffbelastung im Grundwasserleiter getroffen werden und ein möglichen Kontakt beider Grundwasserleiter untereinander nachgewiesen werden.	Das vorgegebene Ziel wurde erreicht.
i)	Lieferung von Grundwasserstandsdatenloggern	Für die Grundwassermessstellen sollten Datenlogger zum Messen des Grundwasserstandes beauftragt werden.	Das vorgegebene Ziel wurde erreicht.
j)	Durchführung von Planungsleistungen im Bereich der Mess- und Regeltechnik	Als Voraussetzung für die Vollständigkeit der Ausschreibungsunterlagen sind die für den Betrieb der Anlage notwendige MSR-Technik, Steuerungselektronik und sonstige elektrische Bauteile zu planen.	Das vorgegebene Ziel wurde erreicht.
k)	Erstellung von Ausschreibungsunterlagen für den geplanten Bau der Dichtwand	Erarbeitung der Anforderungen und Spezifikationen der Bauleistungen als Grundlage für die Einholung entsprechender Angebote (drei Vergleichsangebote).	Das vorgegebene Ziel wurde erreicht.
l)	Durchführung von Rodungen im Bereich der geplanten Baustelle	Rodung des Grundstücksteils, das für die Durchführung der Untersuchungen und die spätere Errichtung der Dichtwand erforderlich gewesen ist bzw. wäre.	Das vorgegebene Ziel wurde erreicht.

1.1. Zusammenfassung der Ergebnisse zu Untersuchungen zum Einsatz von Aktivkohlen

1.1.1. Allgemeine Charakteristik des Sanierungsgebietes

- Aus den Messungen der Anionen, Kationen und der organischen Verbindungen können drei Schadstoffgruppen auf dem Sanierungsgebiet definiert werden.
- Vor dem Sanierungsgebiet (GWM 26Q) ist Nitrat in hoher Konzentration zu finden (62 mg/L), auf dem gesamten Sanierungsgebiet jedoch konnte Nitrat nicht mehr nachgewiesen werden ($< 100 \mu\text{g/L}$). Dieser Abbau an Nitrat korreliert mit den gefundenen stark reduzierenden Bedingungen (Redoxpotentiale im Bereich um -350 bis -400 mV). Sehr hohe Konzentrationen an Sulfat im Bereich um 1.000 mg/L liegen an allen Messstellen vor.
- In der Lippe vor und nach dem Sanierungsgebiet wurden keine Cyanide ($< 1 \mu\text{g/L}$) gefunden. Analog wurden in der Lippe keine BTEX oder PAKs nachgewiesen. Eine (eventuell vermutete) Erhöhung der Konzentrationen beider Substanzgruppen konnte somit nicht gefunden werden und erklärt sich aus der großen Verdünnung in der Lippe (der kontaminierte Zufluss aus dem Sanierungsgebiet von ca. 70.000 m^3 / Jahr entspricht grob dem Standwasser der Lippe auf der Länge des Sanierungsgebietes).
- Im Bereich der geplanten Reinigungswand ist die Summe der BTEX und PAKs im Bereich von $270 - 3.100 \mu\text{g/L}$.
- Es wurden an keiner Grundwassermessstelle halogenierte VOCs gefunden ($< 100 \text{ ng/L}$).
- An einigen Grundwassermessstellen werden hohe Konzentrationen an Mangan und Eisen gefunden (im Bereich einiger mg/L).
- Generell werden hohe Konzentration an Calcium im Sanierungsgebiet (ca. 400 mg/L) gefunden. An der genauer untersuchten (hoch belasteten) GWM 12Q fällt bei Luftkontakt ein weißer Feststoff aus, der aus ca. 20% CaSO_4 und vermutlich ca. 80% CaCO_3 besteht. Weiterhin wird an dieser GWM Schwefelwasserstoff (60 mg/L) gefunden.

1.1.2. Ergebnisse zu den Kleinsäulenversuchen mit Realwasser auf dem Sanierungsgebiet und den Adsorptionsversuchen mit den verwendeten Aktivkohlen:

- Ermittelte K_f -Werte von acht Aktivkohlen liegen im Bereich von 0.0017 - 0.0066 m/s .

- Die Aktivkohlen sollten vom Hersteller vom Feinstaub befreit und beim Einbau gespült werden.
- Untersuchungen zur Adsorption einiger Einzelsubstanzen, im Besonderen jedoch von artifiziellen und realen Gemischen auf 6 verschiedenen Aktivkohlen wurden durchgeführt. Dabei wurde starke Verdrängungsadsorption gefunden, die eine quantitative Beschreibung der Adsorption aller Komponenten auf der Aktivkohle bisher nicht gestattet. Als Konsequenz werden in den realen Säulen die durchgebrochenen Komponenten, im Besonderen jedoch Benzol und Toluol, nach dem Durchbruch mit größeren Konzentrationen im Ablauf als im Zulauf gefunden.
- Ein Salzeinfluss auf die Adsorption, auch in den real vorliegenden Konzentrationen an Chlorid und Sulfat, konnte nicht beobachtet werden.
- Adsorption schlecht adsorbierbarer Verbindungen wie Benzol (im Moment wird die Adsorption noch über empirische Freundlich-Koeffizienten quantifiziert) wird durch hoch adsorptive Verbindungen (wie Naphthalin) verringert. Dies zeigt sich auch und im Besonderen in dem untersuchten Realwasser der GWM 12Q.
- Erste Laboruntersuchungen zum pH-Einfluss der Adsorption von N-Heterocyclen (Phenanthridin) liegen vor.
- Benzol brach bezüglich der BTEX und PAK als erste Substanz durch die Säulen mit dem Realwasser der GWM 12Q. Aus diesem Grund wird Benzol als Leitsubstanz zur konservativen Beurteilung eines Durchbruchs auch in den Reaktoren empfohlen.

1.1.3. Standzeiten und Empfehlungen der zu verwendenden Aktivkohlen

- Zwei Aktivkohlen werden aus den Adsorptionsversuchen im Labor und vor Ort empfohlen:
 - Granulatkohle (Epibon Y 12x40): $k_f = 1.7 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$
 - Formkohle (Norit ROW 0,8 supra): $k_f = 2.7 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$
- Säulenexperimente an realen Proben der GWM 12Q liefern einen Durchbruch in Abhängigkeit von der Aufenthaltszeit in der Säule.
- Bisher vorliegende konservativ (aufgrund der Aufenthaltszeiten der verwendeten Säulen) abgeschätzte Standzeiten der geplanten Reaktoren liegen in allen Reaktoren oberhalb von einem Jahr. Die Standzeiten erniedrigten sich jedoch aufgrund der neues-

ten im Juli 2007 erhöht gefundenen Konzentrationen an BTEX und PAK, bzw. deren Metabolite.

1.1.4. Versuchscontainer auf dem Altlastgelände

Neben den durchgeführten Kleinsäulenversuchen wurde im Versuchscontainer auf dem Altlastgelände in Lünen zusätzlich eine Säule im Technikumsmaßstab installiert.

Diese Edelstahlsäule (siehe auch Abbildung 18 im Vordergrund) besitzt mehrere seitlich angeordnete Probenentnahmestutzen und erlaubt somit eine detaillierte Untersuchung der Adsorptionszonen und Substanzfronten im Verlauf des Säulenbetriebes. Anhand der Zwischenergebnisse konnten bereits nach kurzer Zeit Prognosen des Durchbruchzeitpunktes errechnet werden. Die Technikumssäule wurde mit einer Gesamtmenge von 3,1kg Aktivkohle der Sorte „DONAU CARBON Epibon Y12x40“ befüllt. 2,34% der Füllung ist ein beladener Aktivkohlemix aus vergangenen Kleinsäulenversuchen und diente der Beimpfung mit standorttypischen Mikroorganismen. Die gewählte Aktivkohlesorte „Epibon Y12x40“ hatte sich in den Kleinsäulenversuchen als am geeignetsten für die Reinigung des GWM 12Q Grundwassers erwiesen. Die Technikumssäule wurde mit dem Grundwasser der Messstelle GWM 12Q mit der Fließrichtung von unten nach oben und einem Flow von ca. 45ml/min durchströmt. Bei der Beprobung der Säule wurden aus den seitlichen Stutzen nur geringe Volumina (max. 20ml) langsam abgefüllt und somit die Volumina der beprobten Zonen minimiert. Zusätzlich konnten in einem von dem Säulenablauf durchströmten 3-Halskolben bequem die Vorortparameter Sauerstoffgehalt, pH-Wert, Temperatur, Leitfähigkeit und das Redoxpotential bestimmt werden.

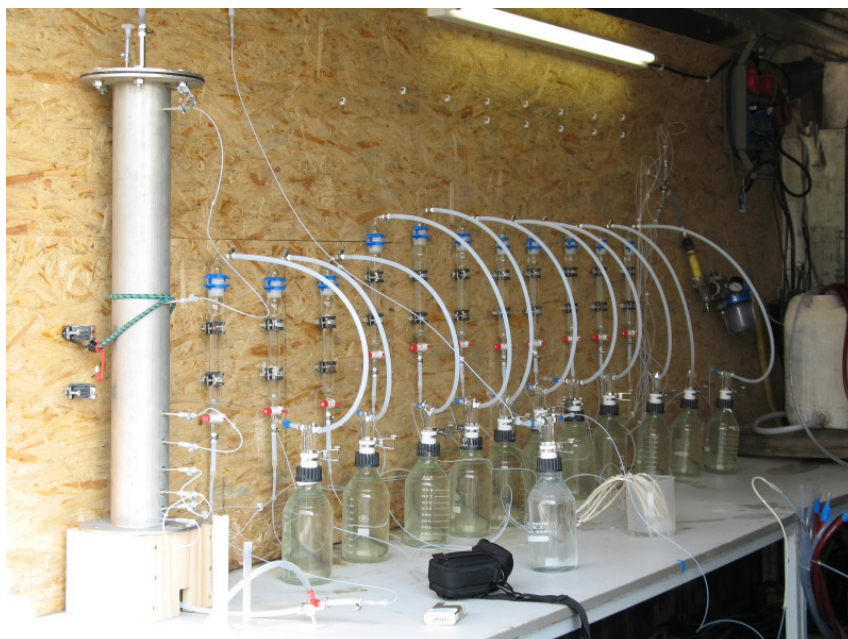


Abbildung 18: Säulenaufbau im Versuchscontainer am Standort Lünen [Uni Lüneburg]

Aufgrund des mehrmaligen Diebstahls der Stromkabel des Versuchscontainers musste der Versuch mit der Technikumssäule vorzeitig abgebrochen werden.

1.1.5. Ergebnisse der Untersuchungen mit dem Versuchscontainer

Abbildung 19 veranschaulicht die Substanzfronten der BTEX + Naphthalin nach 8 und nach 20 Tagen innerhalb der Technikumssäule sowie zum Zeitpunkt 50 Tage nach der Betriebsunterbrechung.

Bereits nach 8 Tagen ist die Auftrennung der einzelnen Substanzfronten entsprechend der jeweiligen Adsorptionsaffinitäten erkennbar. Wie bereits in den vergangenen Batch- und Säulenversuchen ermittelt wurde, besitzt die Komponente Benzol dabei im vorhandenen Stoffgemisch die geringste Adsorptionsaffinität und bewegt sich erwartungsgemäß am schnellsten durch das Säulenbett. Innerhalb von 20 Tagen bildet sich darüber hinaus eine Zone innerhalb der Säule aus, in der die Benzolkonzentration über der des Zulaufes liegt. Dieses Verhalten ist auf Verdrängungsprozesse durch besser adsorbierende Komponenten des 12Q Grundwassers zurückzuführen.

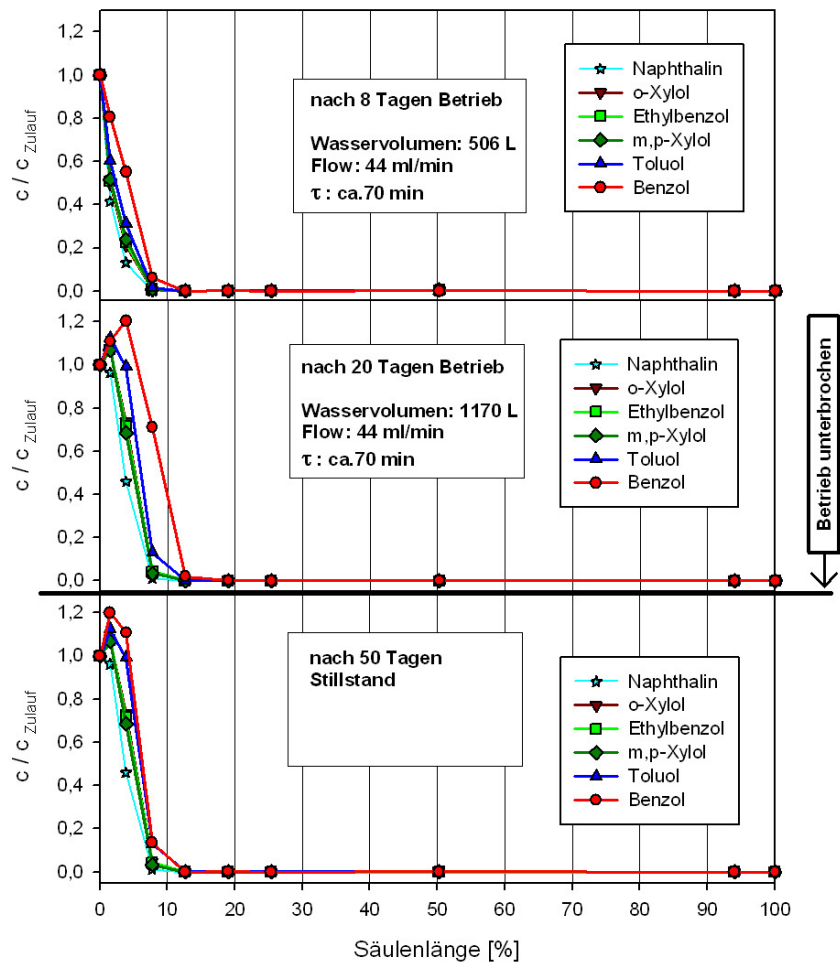


Abbildung 19: Substanzfronten innerhalb der Technikumssäule im Versuchsverlauf [Uni Lüneburg]

Der untere Bereich der Abbildung 19 veranschaulicht zudem, dass während des Stillstandes der Technikumssäule von 50 Tagen keine Verteilung der untersuchten Kontaminanten aufgrund von Diffusionsprozessen auf das Säulenvolumen erfolgte. Es ist im Gegensatz dazu ein Rückgang der Benzolfront erkennbar. Diese Abnahme der Konzentration des Benzols ist bisher jedoch nicht geklärt. Eventuell beruht dies auf einem mikrobiologischen Abbau.

Anhand der Ergebnisse nach 20 Tagen Säulenbetrieb konnte bereits eine ungefähre Betriebsdauer von 133 Tagen bis zum Durchbruch der Substanz Benzol errechnet werden. Zum Zeitpunkt des Benzol-Durchbruchs wird die Aktivkohle vermutlich eine Beladung von 5-7% an organischen Substanzen aufweisen (bei einer mittleren Summen-Zulaufkonzentration von 20-24mg/L an org. Kontaminanten). Dieses Ergebnis deckt sich sehr gut mit denen aus vergleichbaren Kleinsäulenversuchen.

Mit Hilfe des Versuchscontainers auf dem Gelände konnten mit Realwasser aus der Grundwassermessstelle 12Q Durchbruchkurven einiger ausgewählter Substanzen aus Kleinsäulenversuchen ermittelt werden. Die Säule wurde in diesem Fall mit 16g der Aktivkohle „NO-RIT ROW 0.8 supra“ befüllt und mit einem Flow von 5ml/min von unten nach oben betrieben. Unter anderem konnte die Durchbruchkurve der Substanz Naphthalin bestimmt werden. Aufgrund der physiko-chemischen Stoffeigenschaften ist beim Naphthalin die geringste Adsorptionsaffinität unter den 16 EPA-PAK zu erwarten gewesen. Der durchgeführte Säulenversuch veranschaulichte, dass z.B. die Hetero-PAK noch deutlich schlechter adsorbieren als das Naphthalin. Entsprechend wichtig ist es, sich bei der Beurteilung eines zu sanierenden Altlaststandortes nicht nur auf die Analytik der EPA-PAK zu beschränken, sondern auch (und insbesondere) die Heterocyclen zu berücksichtigen. Ebenso deutlich wird die geringe Adsorptionsaffinität der Substanz Benzol. Die Auswertung zeigt, dass bereits nach 4 Tagen Benzol im Ablauf der Säule nachgewiesen werden konnte. Sehr interessant ist jedoch vor allem der schnelle Durchbruch des Stickstoff-PAKs 2-Methylchinolin. Offensichtlich besitzt diese Substanz unter den Analyten die zweitgeringste Adsorptionsaffinität. Im Rahmen des KORA-Projektes wurde eine Prioritätsliste für typische Heterocyclen in teerölkontaminierten Sanierungsgebieten erstellt (Blotevogel et al. 2007). Das 2-Methylchinolin belegt in dieser Liste den ersten Platz. Grundlage dieser Bewertung sind unter anderem die hohe nachgewiesene Bakterientoxizität und der nicht vorhandene mikrobielle Abbau unter anaeroben Bedingungen. Zudem ist die Substanz mit einer Wasserlöslichkeit von bis zu 2,5g/L (Blotevogel et al. 2007) sehr mobil. Die in diesem Säulenversuch nachgewiesene geringe Adsorptionsaffinität auf Aktivkohle unterstreicht abermals die Relevanz dieser Verbindung.

1.1.6. Batchversuche zur Bestimmung der Freundlich-Adsorptionsisotherme von 2-Methylchinolin, Benzol und Naphthalin

Um die in den Kleinsäulenversuchen ermittelten Ergebnisse bezüglich der Adsorptionsaffinität des 2-Methylchinolins genauer zu untersuchen, wurden Batchversuche zur Bestimmung der Freundlich-Adsorptionsisotherme durchgeführt (siehe Abbildung 20). Je nach pH-Wert kann das 2-Methylchinolin protoniert vorliegen, was zu einer starken Erhöhung der Wasserlöslichkeit und einer vermuteten Abnahme der Adsorptionsfähigkeit auf den Aktivkohlen führt ($pK_s=5.71$, überwiegende Protonierung bei pH 5) (EPA 2007). In der Abbildung 20 sind die Ergebnisse aus 2 Batchversuchsreihen dargestellt. Zum einen wurde die 2-Methylchinolinlösung in Reinstwasser angesetzt und bei dem anderen Versuch wurde eine pH7 Pufferlösung verwendet. Es zeigt sich, dass die Adsorptionsisothermen aus beiden Versuchsreihen perfekt aufeinander liegen, was für einen geringen Fehler beim Verfahren der

Batchversuche spricht. Bei der Bestimmung der Benzol-Adsorptionsisotherme wurde eine andere Aktivkohle verwendet (NORIT GAC 1240), die erfahrungsgemäß eine etwas geringere Adsorptionskapazität besitzt.

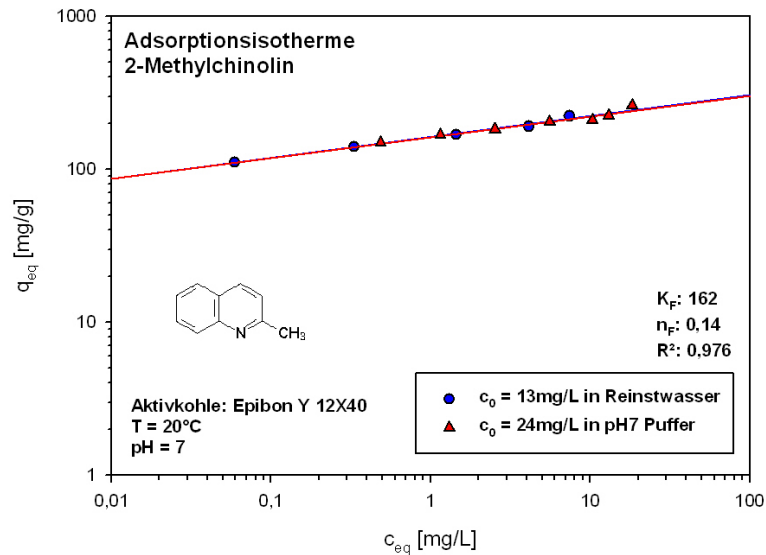


Abbildung 20: Freundlich-Adsorptionsisotherme der Substanz 2-Methylchinolin [Uni Lüneburg]

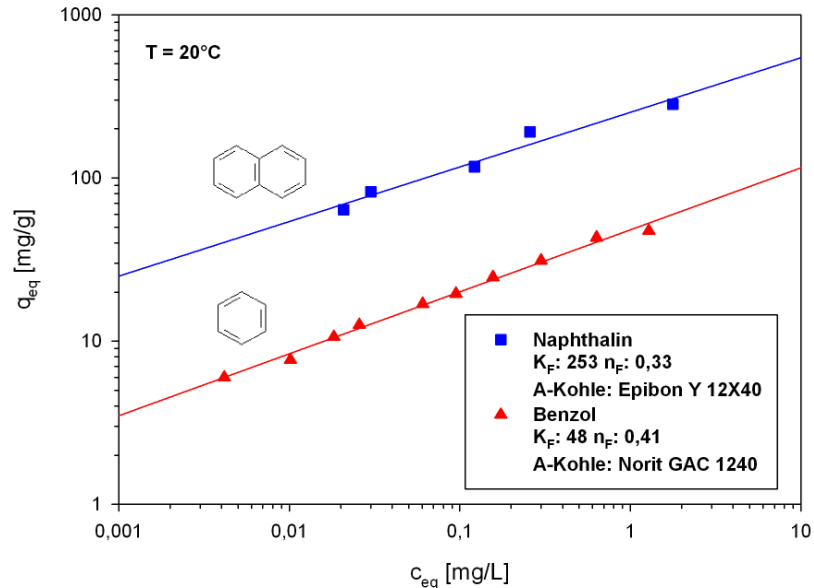


Abbildung 21: Freundlich-Adsorptionsisothermen der Substanzen Benzol und Naphthalin [Uni Lüneburg]

1.2. Grundwassermodellierung

Im Rahmen der Sanierungsuntersuchung und –planung wurde auf das Instrumentarium der numerischen Grundwassermodellierung zurückgegriffen. Vom Standortgutachter Altenbockum & Blomquist wurden grundsätzlich die drei Sanierungsvarianten vorgegeben:

1. Brunnengalerie
2. Dichtwand/Reinigungswand
3. Drainagegraben

und sollten hinsichtlich ihrer Eignung für eine Sanierung des Grundwassers am Standort Lünen Victoria 1/2 beurteilt werden. Die Sanierungsvarianten stehen in enger Interaktion zum Vorfluter Lippe, so dass zur Entwicklung einer Sanierungskonzeption und Darstellung der komplexen Interaktionen zwischen den Randbedingungen Grundwasser, Reinigungsanlage und Vorflut auf ein numerisches Grundwassermodell zurückgegriffen werden musste.

Von delta h Ingenieurgesellschaft mbH wurde die numerische Berechnung der Grundwasserströmung sowie die Prognosen der durchzuführenden Maßnahmen mit dem Programmsystem SPRING® durchgeführt. Mit dem auf der Methode der Finiten-Elemente basierenden numerischen Grundwassermodell konnten die Interaktionen zwischen Vorfluter und Grundwasser zweidimensional (2D) und dreidimensional (3D) sowie stationär und instationär sehr gut abgebildet werden. Das Programmsystem SPRING® ist zudem in der Region weit verbreitet und von Planern, Anlagenbetreibern und Genehmigungsbehörden anerkannt.

Mit Hilfe der Grundwassermodellierung konnte zunächst mit einem 2D-Modell die hydrogeologischen und hydrologischen Verhältnisse d.h. die aktuelle Grundwasserströmungssituation nachgebildet und eine stationäre Kalibrierung der quartären Schicht erfolgen. Dieser Modelltyp wurde gewählt, da die durchgeführten Untersuchungen auf einen zusammenhängenden, nur lokal durch Verwitterungslehm getrennten Grundwasserleiter hinweisen und die Erfahrungen zeigen, dass das Grundwasser im geklüfteten Mergel sich in einem großräumigen Fließverhalten wie in einem porösen Aquifer verhält. Anschließend konnte anhand von Prognoserechnungen die Auswirkungen der drei Sanierungsvarianten für eine Sanierungskonzeption stationär und instationär ausgearbeitet und bewertet werden. Das Ergebnis dieser Prognoseberechnungen waren die Standorte der Bauwerke der Sanierungsvarianten (Anlagendimensionierung) und prognostizierte Entnahmemengen (Wasserbilanzen).

Als Grundlage für die Eignung der Varianten der Sanierungsverfahren wurde ein hydraulisches Modell erstellt. Mit diesem hydraulischen Modell wurden die Varianten Brunnengalerie und durchströmte Reinigungswand als mögliche Verfahren ermittelt.

Das Ergebnis eines 2D-Modells war nur bedingt für eine detaillierte Betrachtung der Verhältnisse zur Anlagendimensionierung und -planung der Ausführungsvariante „Dichtwand“ geeignet. Die Lösung mittels Dichtwand und passivem Entnahmesystem mit anschließender Abreinigung über Aktiv-Kohle-Reaktoren und Einleitung in die Lippe weist einen komplexen Zusammenhang mit den instationären Verhältnissen des Vorfluters Lippe auf. Außerdem ist der hydraulische Austausch zwischen Quartär und Kreide differenziert betrachtet worden, um eine Unterströmung der Dichtwand auszuschließen. Die Trasse der Dichtwand und die Entnahmestränge wurden mittels eines detaillierten instationär kalibrierten 3D-Grundwasserströmungsmodells betrachtet. Das Gesamtsystem wurde tagesscharf für ein 25jähriges Hochwasserereignis der Lippe instationär berechnet und dimensioniert. Sensitiv zeigte sich der Rückstau aufgrund des erforderlichen Potenzials zur Durchströmung der Abreinigungsanlagen. Des Weiteren wurden die Wasserstandsschwankungen der Lippe durch eine instationäre Berechnung untersucht (siehe Abbildung 12).

Gegenstand der Grundwassermodellierung waren hydraulische Betrachtungen und Auswirkungen. Die Schadstoffsituation im Boden der ungesättigten wie gesättigten Zone sowie im Grundwasser war nicht Gegenstand der Modellrechnungen.

Die Eingangsdaten für das Modell waren:

- **das Gelände:**

Zur Interpolation der Geländeoberfläche auf das Elementnetz wurde das DGM5L des Landesvermessungsamtes NRW herangezogen. Die Rasterweite beträgt ca. 5 m - 10 m. Zudem wurden zusätzliche Vermessungspunkte berücksichtigt, die ein wesentlich differenzierteres Bild der Geländemorphologie ergaben und Detailaussagen ermöglichten. Im Rahmen der Baumaßnahme wird das bestehende Niveau der Lippe bautechnisch bedingt um ca. 1 m im Bereich der Trasse erhöht. Dies ist im Modell ebenfalls berücksichtigt.

- **Vorfluter Lippe:**

Zum Ansatz des Lippewasserstandes für das Grundwassermodell wurde der Pegel "Lünen" am westlichen Modellrand und 3,11 km stromaufwärts der Pegel "Beckinghausen Wehr Unterhalb" herangezogen. Zwischen diesen beiden Pegeln wurde der Wasserstand

zur Vereinfachung linear interpoliert da eine Abflussberechnung der Lippe für diesen Abschnitt und den benötigten Zeitraum nicht vorlag. Für die Berechnungen herangezogen wurde ein Zeitraum vom 10/2002 bis 07/2006. In diesem Zeitraum liegt Anfang 2003 ein Hochwasserereignis mit einer Jährlichkeit von 25 Jahren vor. Dieses Hochwasser wird als Bemessungshochwasser angenommen.

Eine Freispiegelableitung sollte zur Lippe geführt werden, so dass eine Pegelhöhe der Lippe festgelegt werden musste, bis zu der eine Einleitung ohne Rückstau möglich ist. Hierzu wurde mit 0,5 m über dem Mittelwasserstand von ca. 45,6 mNN ein Wasserstand gewählt, der langjährig in etwa an 300 Tagen im Jahr unterschritten wird.

- **Klimadaten:**

Da zur direkten Lokalität Lünen keine in sich konsistenten Datensätze für den Niederschlag insbesondere über eine langjährige (12 Jahre) Zeitreihe tagesscharf für die Analyse von Klimaextremen, zur Berechnung mittlerer Verhältnisse und für instationäre Betrachtungen zur Verfügung standen, wurde ersatzweise auf die geografisch sowie klimatologisch nächstliegende Station Lippstadt-Bökenförde zurückgegriffen. Zur Berechnung der Grundwasserneubildung wurden weitere Klimadaten der Wetterstation Lippstadt-Bökenförde des Deutschen Wetterdienstes (DWD), Niederlassung Essen, herangezogen.

- **Grundwasserneubildung:**

Zur Berücksichtigung des Einflusses des saisonalen Jahresgangs der Grundwasserneubildung auf die Grundwasserstände wurde für die instationäre Kalibrierung eine Neubildungsberechnung auf Basis der klimatischen Bodenwasserbilanz nach DVWK-Merkblatt 238/1996 in Kombination mit dem Verfahren von Haude zur Berechnung der potenziellen Evapotranspiration durchgeführt. Dabei wird für jedes Element der obersten Elementschicht des Modells die Grundwasserneubildung in Tagesschritten ermittelt. Die erforderlichen Eingangsgrößen sind dabei:

- Niederschlagsmengen (Tagessummen)
- Lufttemperatur (14:30h-Tageswerte)
- relative Luftfeuchtigkeit (14:30-Tageswerte)
- Flächennutzung und Versiegelungsgrad
- Klassifizierte Bodentypen
- mittlerer Flurabstand
- Geländemodell (für die Ermittlung der Reliefenergie zur Ermittlung des oberirdischen (Direkt-)Abflusses)
- Bodenparameter (Feldkapazität, effektive Wurzeltiefe, permanenter Welkepunkt und Korrekturfaktor möglicher Übersättigung der Feldkapazität)

Obwohl das Verfahren es erlaubt, die Neubildungsraten in Tageswerten zu ermitteln, wurde eine solch hohe Auflösung für die hier durchzuführenden Arbeiten weder für die Beschreibung der Ist-Situation noch für die Prognose als sinnvoll erachtet. Daher wurde die Berechnung mit Monatssummen durchgeführt.

- **Bodenprofil:**

Die Oberfläche des Mergels wurde aus Bohrdaten und aus der Interpretation der WBK - Karten konstruiert.

- **Grundwasserstände:**

Eine Stichtagsmessung der Grundwasserstände vom 30.06.2004 lag vor und ist als Mittelwasserzustand einzuordnen. Die Messdaten wurden mit den Angaben aus der Gleichenkarte der WBK ergänzt. Vereinzelt lagen Messreihen zu einzelnen Grundwassermessstellen vor. Diese konnten im Rahmen der instationären Kalibrierung verwendet werden.

- **Entnahmen:**

Es sind im engeren Modellgebiet keine Grundwasserentnahmen durch Entnahmebrunnen mit Einfluss auf das Victoria 1/2 Gelände bekannt.

- **Dichtwandtrasse:**

Die Dichtwand wurde als vertikal dichtendes Element mit einer Durchlässigkeit von $1 \cdot 10^{-8}$ m/s mit einer Stärke von 0,6 m angenommen und sollte 1 m in die Mergelschicht einbinden. Die Trassierung wurde im Laufe der Prognoserechnungen optimiert.

- **Geländeeinschnitt „Canyon“:**

Im Osten des Geländes Victoria 1/2 befindet sich in der mächtigen Auffüllung ein tiefer Geländeeinschnitt. Die Dichtwandtrasse quert den Canyon und verbleibt in der Lippeaue. Die Sohle des Geländeeinschnittes liegt zum Teil auf Aueniveau. Aus diesem Grund muss nach Querung der über die Aue erhöhten Dichtwandtrasse dieser Geländeeinschnitt aufgefüllt werden, um einstauendes Tagwasser, Lippewasser aus Hochwasserereignissen sowie auch aussickerndes Grundwasser zu vermeiden. Die Auffüllung erfolgt auf ein Niveau, so dass das vor der Dichtwand aufgestaute höchste Grundwasser vollständig überdeckt ist. Dies ist im Laufe der Planung in das Grundwassermodell eingeflossen und berücksichtigt worden, indem modelltechnisch vereinfacht der Bestandsboden mit seinen hydrogeologischen Kennwerten auf das erforderliche Niveau angehoben wurde.

Im Rahmen der Bearbeitung wurden außerdem Volumenbetrachtungen für die Aufhöhung vorgenommen. Für eine Auffüllung mit 1 m über den höchsten Grundwasserstand hinaus gehend ergibt sich ein Volumen im Canyon bis zur Baustraße der Dichtwand von ca. 8.875 m³ mit einer Oberfläche von ca. 5.593 m². Die Abbildung 22 zeigt als Blockbild den Teilbereich des Canyons (oben) sowie mit den Auffüllhöhen.

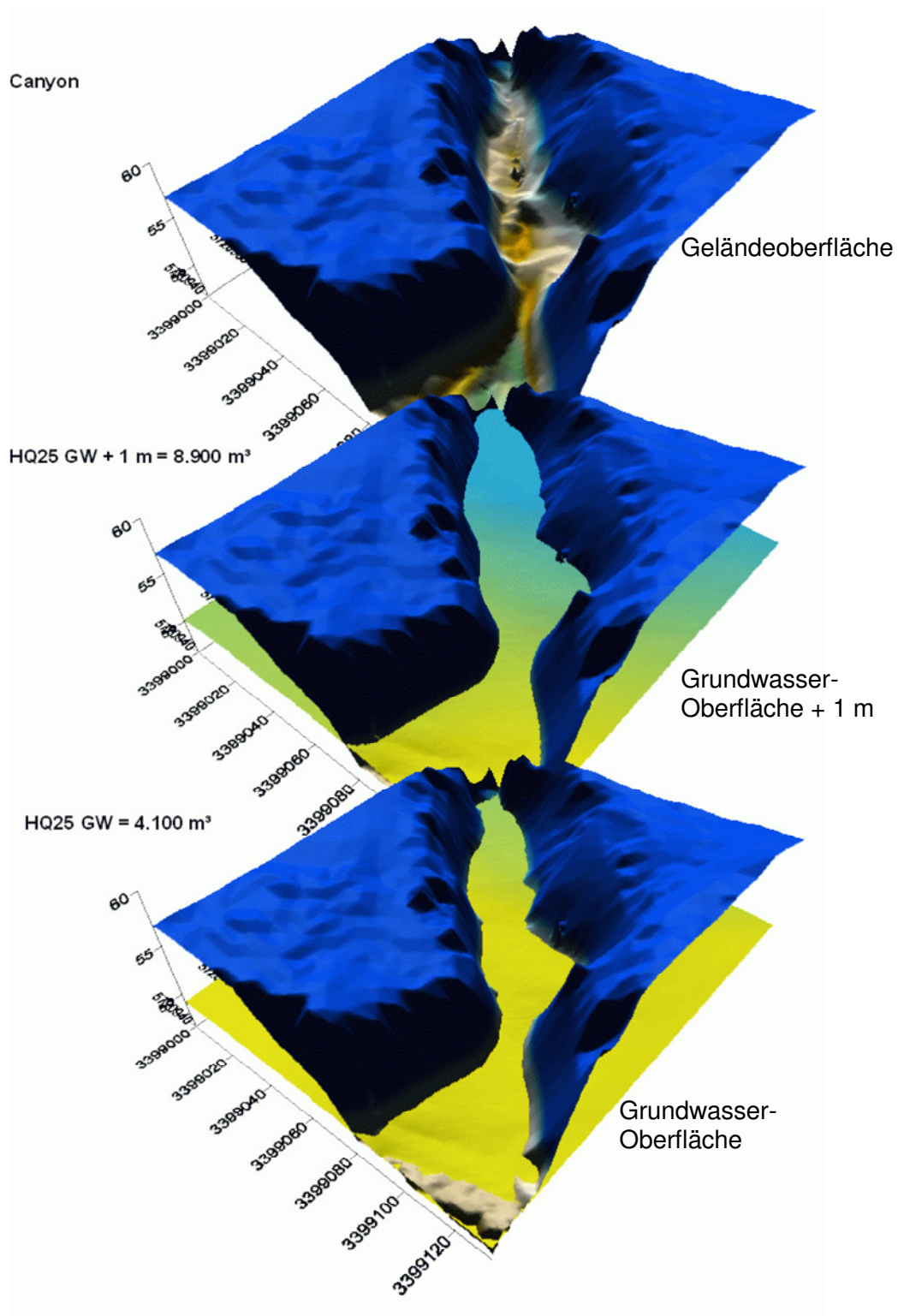


Abbildung 22: Verfüllung Canyon [Δh]

- **Dränagegräben:**

Das durch die Dichtwand aufgestaute Grundwasser wird über Dränagegräben dem Grundwasserleiter im Anstau vor der Dichtwand entnommen. Modelltechnisch wurde ein

1 m breiter kiesgefüllter Drainagegraben bis in eine Tiefe von 44,50 mNN angesetzt. Das entspricht einer Tiefe von ca. 3 m - 4 m unter der heutigen Aue. Für die Kiesschüttung wurde mit einer Durchlässigkeit von 5×10^{-3} m/s gerechnet. Unter Ansatz eines Mittelwasserstandes der Lippe von 45,75 mNN wird das Entnahmerohr der Dränageschüttung in dieser Tiefe immer mindestens 1 m unter dem Grundwasserspiegel liegen. Die Anzahl und Anordnung der Entnahmestrecken wurde unter den Bedingungen des Sanierungs-/Sicherungsziels erarbeitet. Die Anzahl (blaue Linien) und die Anordnung (rote Linie) werden in Abbildung 6 ersichtlich. Das Entnahmepotenzial ist auf die jeweilige Durchflussmenge eines einheitlichen Standardreaktors optimiert. Demgemäß können die einzelnen Entnahmestänge nicht hydraulisch kombiniert werden. Jeder Drainagestrang ist als eigenständige Entnahme- und Abreinigungseinheit zu betrachten.

Bei den instationären Prognoseberechnungen wurden die einzelnen Drainagestrecken, gleich einem Rückschlagventil, abgeschaltet, sobald der Lippewasserstand das jeweilige Potenzial an der Einleitstelle in die Lippe überschritt.

Bei der Auswertung der instationären Prognoseergebnisse stellte sich heraus, dass eine Umströmung der Enden der Dichtwandtrasse im Hochwasserfall durch eine Abschaltung der beiden äußeren Drainagestränge D1 und D5 erfolgen würde. Eine Gegensteuerung dieses Effektes mittels einer veränderten Dichtwandtrasse erwies sich aufgrund der örtlichen Gegebenheiten sowie aus Kostengründen als nicht machbar. Dementsprechend wurde für die beiden äußeren Drainagestränge D1 und D5 (siehe Abbildung 6) eine aktive Entnahme mittels Inliner-Pumpen für den Hochwasserfall vorgesehen. Diese Entnahme wurde mit der doppelten mittleren Jahresentnahme festgelegt. Mit diesem Entnahmean-satz ist die Sicherung des Schadstoffabstroms auch für den Hochwasserfall HQ 25 der Lippe gegeben. Anhand der Prognoserechnungen wurden die in Tabelle 4 aufgezeigten Eigenschaften erarbeitet:

Tabelle 4: Eigenschaften der Drainagegräben [delta h]

<i>Dränage Nr.</i>	D 1	D 2	D 3	D 4	D 5
Länge der Dränage m	40,00	40,00	45,00	85,00	45,00
Länge der Ableitung (ca.) m	30,00	130,00	190,00	370,00	480,00
Entnahmepotenzial mNN	46,50	46,75	46,90	46,90	46,70
Entnahme m ³ /a	10.934	14.667	21.514	31.605	14.340

Das verwendete Elementnetz und die verwendeten Grenzen sind in Abbildung 23 dargestellt. Die Modellränder wurden so gewählt, dass das Untersuchungsgebiet in ausreichend großer Entfernung vom direkten Einflussbereich der äußeren Randbedingungen liegt. Die westliche

und östliche Grenze wurde anhand von Randstromlinien aus dem WBK Gleichenplan [Hydrologischen Karte, Blatt Lünen Nr. 154a der Westfälische Berggewerkschaftskasse, Ausgabe 1980] abgeleitet. Die südliche Grenze wurde als Festpotentialrand angenommen. Um den Anstrom zum Untersuchungsgebiet von einer stationären Potenzialhöhe im Norden zu entkoppeln wurde das Modellgebiet bis zum Ausbiss der Mergelschichten, die den nördlich gelegenen Vogelberg charakterisieren, erweitert, um den aus der Neubildungsspende bedingten Zufluss als mögliche Fehlerquelle in der Wasserbilanz des Modells zu minimieren. Es ergibt sich eine Gesamtfläche des Modellgebietes von ca. 5,37 km².

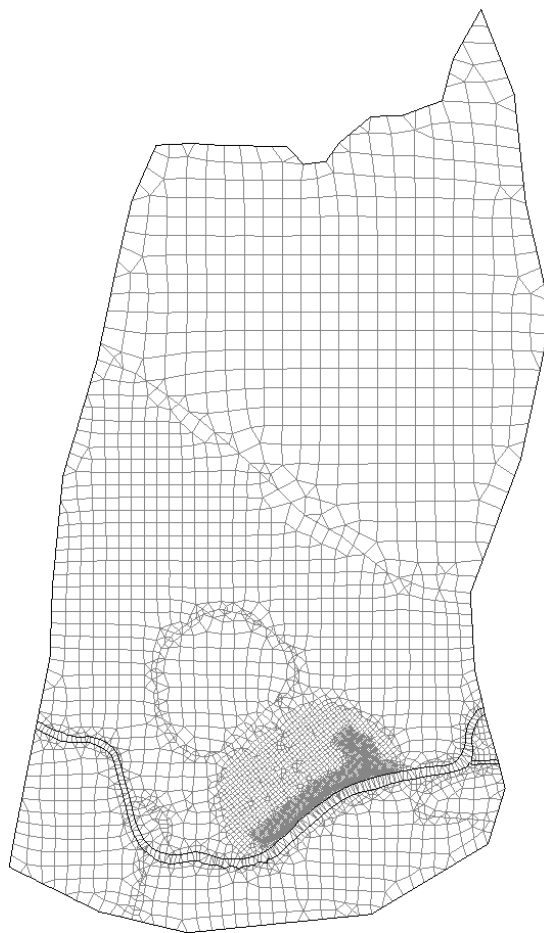


Abbildung 23: Elementnetz des numerischen 3D-Grundwassermodells [delta h]

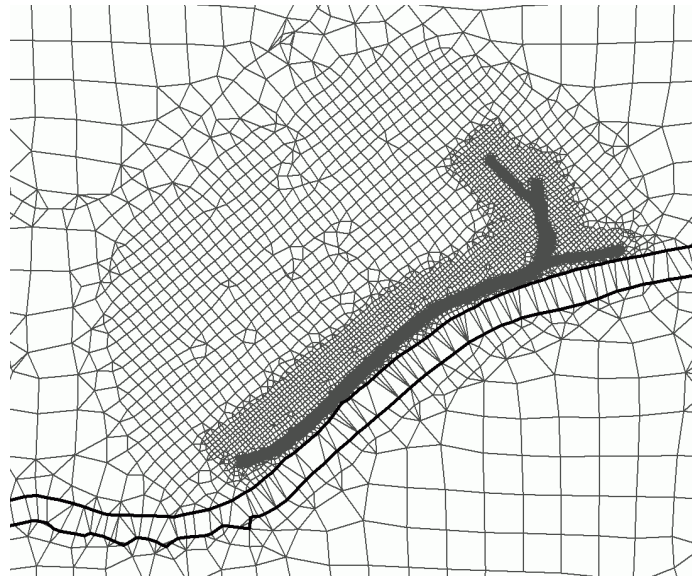


Abbildung 24: Elementnetz, innerer Modellbereich [delta h]

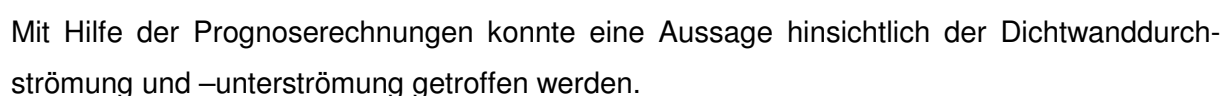
Netzbildende Konturen waren in erster Linie das vorhandene Vorflutersystem Lippe, die Lage von offenen Wasserflächen, der Ausbiss von Mergel im Untersuchungsraum sowie Messpunkte und die Abgrenzung der Lippeaue.

Die Diskretisierung wurde im nördlichen Bereich mit Elementkantenlängen von 75 m, im äußeren Bereich mit Elementen von 50 m Kantenlänge und im lokalen Bereiche des Geländes „Victoria“ mit einer Kantenlänge bis zu 5 m durchgeführt. Der innere Modellbereich wurde zur näheren Betrachtung insbesondere der geplanten Maßnahme Dichtwandtrasse zusätzlich sehr feinmaschig mit Kantenlängen bis zu 0,6 m diskretisiert.

Der vertikale Netzaufbau wurde nach hydraulischen Gesichtspunkten diskretisiert und besteht aus 4 Schichten (siehe auch Abbildung 25). Die genauen Höhen wurden anhand des Geländemodells und der Bohrprofile sowie im Weiteren anhand der Angaben aus den WBK-Karten interpoliert (siehe Tabelle 5).

Tabelle 5: Hydrogeologische Kennwerte [delta h]

Element-Schicht	Einheit	Hydrogeologische Beschreibung
Schicht 1	Auffüllung	Durchlässigkeit ca. 1×10^{-5} m/s Mächtigkeiten sofern hydraulisch relevant und durch Bohrungen erkundet
Schicht 2	Quartär	Durchlässigkeit ca. 5×10^{-6} m/s bis 1×10^{-3} m/s Mächtigkeiten durch Bohrungen erkundet
Schicht 3	Verwitterungsschicht des Mergels	Durchlässigkeit ca. 1×10^{-7} m/s bis 1×10^{-6} m/s Oberkante Mergel durch Bohrungen erkundet Mächtigkeit pauschal 2 m
Schicht 4	Mergelgestein	Durchlässigkeit ca. 1×10^{-9} m/s bis 1×10^{-7} m/s Mächtigkeit pauschal 25 m



Die Dichtwanddurchströmung ermittelte sich nach dem Ansatz von DARCY mit den Angaben:

Dichtwandstärke	0,6 m
Dichtwanddurchlässigkeit	1×10^{-9} m/s
Gesamtlänge	570 m
wassererfüllte Mächtigkeit im Anstrom	ca. 6 m
mittlerer Potenzialunterschied zwischen Dichtwandanstrom und -abstrom	ca. 1 m

zu einer Menge von ca. 64 m³/a.

Die Dichtwandunterströmung hängt im Wesentlichen von der Durchlässigkeit des liegenden Mergels, bzw. dessen hangender Verwitterungsschicht ab. Eine Unterströmung findet somit durch diese gering durchlässigen Schichten statt. Die Abbildung 26 zeigt einen Schnitt durch die Dichtwand mit Darstellung der Potenziale und Fließgeschwindigkeiten als Schlierenbild zur Verdeutlichung des Unterströmungsprozesses bei einem k_f -Wert für die Verwitterungsschicht des Mergels von 5×10^{-6} m/s.

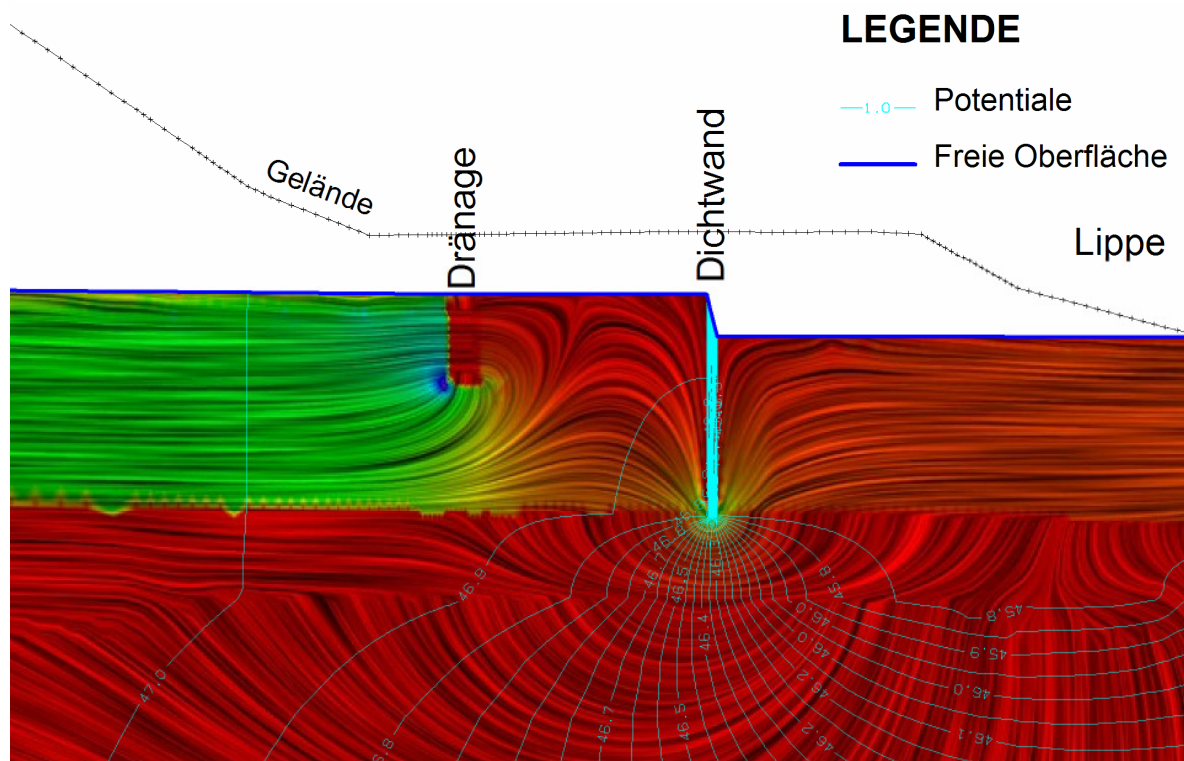


Abbildung 26: Vertikalschnitt mit Unterströmung der Dichtwand durch die Verwitterungsschicht des Mergels als Schlierenbild [delta h]

Über die Gesamtlänge der Dichtwand wurde unter diesem Ansatz eine Unterströmung von 6.030 m³/a mit dem Grundwassermodell bilanziert. Eine Vergleichsrechnung ohne den An-

satz einer Verwitterungsschicht des Mergels ergibt im Prinzip keine Unterströmung der Dichtwand (siehe Abbildung 27)

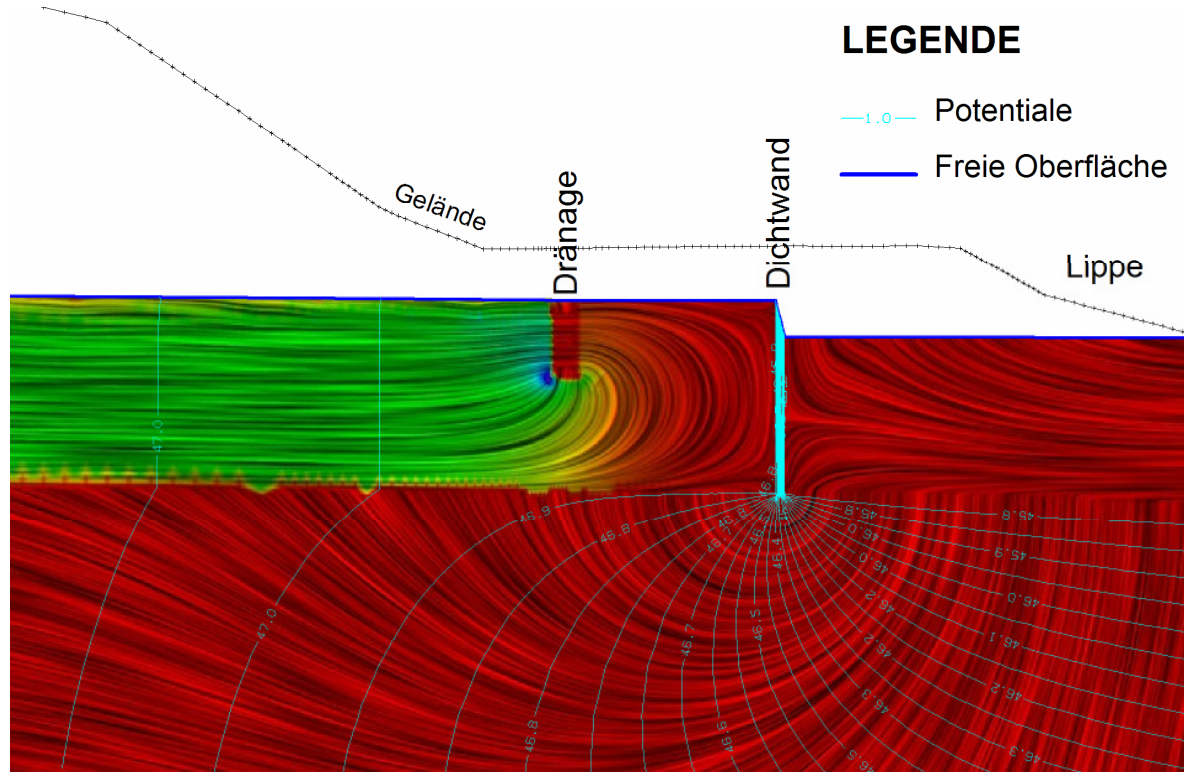


Abbildung 27: Vertikalschnitt ohne Unterströmung der Dichtwand als Schlierenbild [Δh]

Diese beiden Betrachtungen stellen die Extreme zwischen regional homogenen Vorliegen der Verwitterungsschicht und Wegfall dieser Schicht dar. Im Fazit stellt sich eine Unterströmung im ungünstigsten Fall mit der Menge von 6.030 m³/a dar. Die Wasserbilanz für das Einzugsgebiet der Sanierungsanlage Dichtwand bzw. Entnahmeanlagen ist in der Abbildung 28 dargestellt.

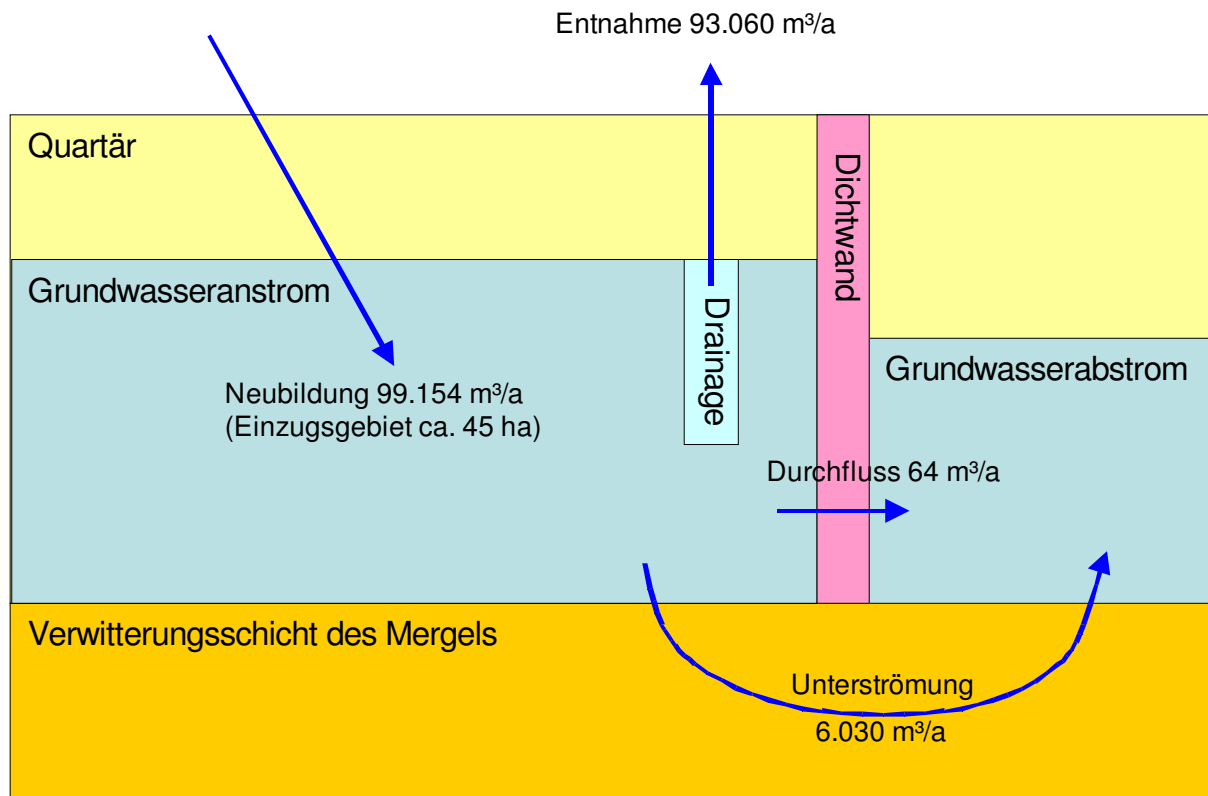


Abbildung 28: Schematisches Bilanzmodell der Sanierungsmaßnahme unter ungünstigen Randbedingung bezüglich der Durchlässigkeit der Verwitterungsschicht [delta h]

Mit den fünf Drainagegräben kann somit das Sanierungsziel auch im ungünstigsten Zustand (Hochwasserfall) mit der gewählten Maßnahmenkombination erreicht werden und das Grundwasser aus den kontaminierten Bereichen wird komplett erfasst.

Unter der Voraussetzung, dass die Schadstofffahnen in den Aktivkohlebehältern nicht durchgebrochen sind, reduziert die Gesamtmaßnahme - weitgehend energiefrei durch den aufgestauten Potenzialunterschied - den Gesamteintrag an kontaminiertem Grundwasser in die Lippe zwischen 100 % und - je nach regionaler Beschaffenheit der Verwitterungsschicht des Mergels - bis 94 % als worst case Szenario.

Dies betrifft den Austrag der Schadstoffe vor der Dichtwand. Zwischen Dichtwand und Lippe verbleibt jedoch ein einige Meter breiter Streifen Grundwasserleiter mit einer Restschadstoffkonzentration im Grundwasser. Dieser Bereich wird nach Bau der Dichtwandtrasse nur sehr gering von Uferfiltrat der Lippe durchströmt. Hier werden sich Schadstoffkonzentrationen durch ein Ausspülen im Verhältnis zum Sanierungsbereich im Anstrom zur Dichtwandtrasse nur sehr langsam reduzieren.

1.3. Baugrunduntersuchung

Die Baugrunduntersuchung des Geotechnischen Büros Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann GmbH aus Aachen umfasst die Baugrundbeurteilung, die Angabe der bodenmechanischen Kennwerte (Rechenwerte) und die Standsicherheitsuntersuchung der bestehenden Böschung.

Der Baugrund im Bereich der geplanten Dichtwandtrasse lässt sich anhand der Bohrprofile von oben nach unten grob in folgende Schichten gliedern:

- Auffüllungen aus Bergematerialien und umgelagerten Böden, v.a. Tallehmen, in denen z.T. Schlacken vorhanden sein können. Die Mächtigkeit der Auffüllungen kann im groben Mittel mit etwa 1,0 - 1,5 m angesetzt werden. Die Wichte des feuchten Materials kann mit 17 - 20 kN/m³ angesetzt werden.
- Tallehme der Lippe aus überwiegend fein- bis mittelsandigen Schluffen mit überwiegend weicher, örtlich auch breiiger Konsistenz. Die Tallehme wurden in weniger als der Hälfte der im Bereich der geplanten Dichtwandtrasse durchgeführten Sondierungen angetroffen. Die Schichtdicke schwankt in diesen Fällen etwa zwischen 1,0 m und 2,0 m. Die Wichte liegt zwischen ca. 17 kN/m³ und 19 kN/m³.
- Fein- und Mittelsande der Niederterrasse der Lippe, in die örtlich z.T. organische Lagen aus verrotteten Pflanzenresten und Schlufflagen von weicher Konsistenz eingeschaltet sind. Die Mächtigkeit der Niederterrasse reicht von etwa 3 m bis ca. 6 m. Die Wichte liegt bei 19 kN/m³ bis 21 kN/m³.

Verwitterungslehm der Oberkreide, die als graue sandige und schluffige, kalkhaltige Tone steifer bis halbfester, örtlich auch fester Konsistenz angetroffen wurden. Als Wichte des feuchten Bodens kann mit 18 – 21 kN/m³ gerechnet werden.

1.4. Dichtwandplanung

Die Planung legt die folgenden Anforderungen an die Dichtwand fest:

- Die Wasserdurchlässigkeit muss mindestens $1 \cdot 10^{-8}$ m/s betragen.
- Eine Dauerhaftigkeit der Dichtigkeit von 50 Jahren muss gewährleistet sein.
- Die Wanddicke sollte 60 cm nicht unterschreiten.
- Die Höhe der Dichtwand ergibt sich aus der Forderung, dass sie mindestens 1 m in den ca. 7 m unter Geländeoberfläche anstehenden Grundwasserstauer eingebunden

werden soll. Außerdem ist es notwendig eine 1 m mächtige und ca. 580 m lange und ca. 7,6 m breite Auflagerschicht entlang der Trasse zu erstellen, da dies für die Baugeräte ein ebenes und ausreichend tragfähiges Arbeitsplanum ermöglicht. Somit ergibt sich eine mittlere Dichtwandhöhe von rund 9 m.

- Eine dauerhafte Beständigkeit gegenüber den im Grundwasser vorhandenen Schadstoffen sollte gewährleistet sein. Das kann ggf. durch unterschiedliche Suspensionen in den jeweiligen Trassenbereichen berücksichtigt werden.
- Das hydraulische Gefälle zwischen dem Grundwasseraufstau vor der Dichtwand und dem Wasserstand in der Lippe muss beachtet werden.
- Der Nachweis über die Erosionsbeständigkeit durch die Grundwasserströmung musste geführt werden.
- Der Tragfähigkeitsnachweis hinsichtlich der erdstatischen Belastungen auf die Dichtwand musste erfolgen.
- Bestimmung des optimalen Standortes der Baustelleneinrichtung. Speziell für die Lage der Mischanlage, um ein Umsetzen der Mischanlage möglichst zu vermeiden.
- Klärung der Zufahrtsmöglichkeiten für das Bohrgerät.
- Erkundung möglicher Bohrhindernisse im Untergrund entlang der Dichtwandtrasse.
- Ermittlung der Wasserhaltungsmaßnahmen beim Bau der Flächendrängen.

Die Herstellung der Dichtwand sollte im Mixed-in-Place Verfahren (MIP) erfolgen, da dies ein aushubfreies und erschütterungsarmes Herstellungsverfahren ist und somit die Standsicherheit der benachbarten Bergehalde nicht gefährdet ist. Bei diesem Verfahren wird der anstehende Baugrund an Ort und Stelle mit einer Suspension vermischt, die anschließend abbinde und zusammen mit dem Boden ein Dichtwandmaterial ergibt. Dieses Material ist mit einem Erdbeton vergleichbar. Die in den Boden eingearbeitete Suspension besteht allgemein aus Bentonit, Bindemittel und Wasser. Der Anteil der einzelnen Komponenten in der Dichtwandsuspension sowie die in den Baugrund eingebrachte Suspensionsmenge lassen sich in gewissen Grenzen variieren. Die Suspension muss allerdings im Bauzustand zusammen mit dem anstehenden Boden gut verarbeitet werden können und eine möglichst homogene Dichtwandmasse bilden. Nachdem die Mischung abgebunden hat, muss sie andererseits bestimmten Anforderungen genügen. Am Standort Lünen Victoria 1/2 soll entsprechend der Planung die Dichtwand einen Durchlässigkeitsbeiwert von $k_f = 1 \cdot 10^{-8}$ m/s aufweisen. Da die geplante Dichtwand keinen statischen Anforderungen genügen muss, sondern nur eine ab-

dichtende Wirkung erzielen sollte, liegt die geforderte Druckfestigkeit unter 1 MN/m². Die laborative Bestimmung bzw. Eignungsprüfung der Rezeptur für die Dichtwandmasse erfolgte durch IGH Ingenieurgesellschaft Grundbauinstitut Dr.-Ing. Weseloh – Prof. Dr.-Ing. Müller-Kirchenbauer mbH mit verschiedenen Dichtwandsuspensionen.

Es wurden drei Dichtwandsuspensionen erstellt, die aus den folgenden Mischungskomponenten bestanden:

- Bentonit mit der Bezeichnung Tixoton aus dem Werk Moosburg der Süd-Chemie AG mit dem Lieferdatum 10.08.2006,
- Zement mit der Bezeichnung CEM III/B42,5 N-LH/HS/NA aus dem Werk Lengerich der Dyckerhoff AG mit dem Lieferdatum 10.08.2006 und
- Leistungswasser von den Wasserwerken Hannover

Üblicherweise werden etwa 50 kg Bentonit, 200 kg Zement, 100 kg Füller und 840 kg Wasser für die Herstellung von 1 m³ Suspension angemischt. Diese Grundmischung kann durch Erhöhung der Bentonit- und Zementmenge oder durch Zugabe entsprechender Additive in seiner Beständigkeit gegenüber Angriff von Salzen oder organischen Schadstoffen verbessert werden.

Die folgende Tabelle 6 zeigt die Zusammensetzung der drei Suspensionen.

Tabelle 6: Zusammensetzung der Dichtwandsuspensionen [IGH Grundbauinstitut]

Suspension	Mischungsanteil in kg/m ³ je m ³ aufbereiteter Dichtwandsuspension			Wasser-/ Zement-Wert
	Wasser	Bentonit	Zement	
S I	886	41	306	2,90
S II	850	21	405	2,10
S III	840	41	455	1,85

Für die projektbezogene und standortspezifische zusammengesetzte Bodenmischprobe wurde in Anlehnung an das Baugrundgutachten ein Standardprofil durch folgenden Aufbau vereinfacht definiert:

- Auffüllungen mit einer Schichtdicke von 1,0 m,
- Sande der Niederterrasse mit einer Schichtdicke von 6,0 m und
- Verwitterungsbildungen der Oberkreide mit einer Mächtigkeit von 1,0 m.

Somit hat das nachgebildete Baugrundprofil eine Gesamtdicke von 8,0 m.

Aus der erstellten Bodenmischprobe und den drei Dichtwandsuspensionen S I bis S III wurden unter Variation der Mengenanteile insgesamt neun verschiedene Dichtwandmassen hergestellt. Die folgende Tabelle 7 stellt die Zusammensetzung der Dichtwandmassen dar.

Tabelle 7: Zusammensetzung der Dichtwandmassen [IGH Grundbauinstitut, geändert]

Dichtwandmasse	Suspension	Zugabemenge Suspension zum Boden
-	-	l/m ³
V 3	S I	445
V 4	S I	311
V 5	S I	356
V 6	S II	336
V 7	S II	293
V 8	S II	420
V 9	S III	287
V 10	S III	329
V 11	S III	411

Sowohl das Bentonit als auch die Suspensionen S I bis S III wurden hinsichtlich ihrer Eigenschaften und Kerndaten untersucht.

Die Mischung aus Suspension und Boden, d.h. die Dichtwandmasse, wurden unmittelbar nach der Aufbereitung hinsichtlich ihrer Verarbeitungsfähigkeit beurteilt. Bei dieser Bewertung gingen visuelle Kriterien, die Dichte der frisch aufbereiteten Dichtwandmasse und teilweise das Ausbreitmaß nach DIN EN 12350-5 ein. Die Tabelle 8 fasst die Ergebnisse zusammen.

Tabelle 8: Eigenschaften der frisch aufbereiteten Dichtwandmasse [IGH Grundbauinstitut, geändert]

Dichtwandmasse	Dichte	Ausbreitmaß	Visuelle Beurteilung der Verarbeitungsfähigkeit
-	g/cm ³	cm	-
V 3	1,82	ca. 72	gut fließfähig
V 4	1,86	-	ggf. noch verarbeitbar

V 5	1,85	-	fließfähig
V 6	1,87	55	fließfähig
V 7	1,87	-	ggf. noch verarbeitbar
V 8	1,85	-	gut fließfähig
V 9	1,85	-	ggf. noch verarbeitbar
V 10	1,87	55	fließfähig
V 11	1,86	-	gut fließfähig

Somit konnten die Dichtwandmassen V 4, V 7 und V 9 als zumindest im Labormaßstab als nur noch grenzwertig geeignet für eine möglichst homogene und porenfreie Dichtwandmasse beurteilt werden.

Die abgebundene Dichtwandmasse wurde ebenfalls Eigenschaftsuntersuchungen unterzogen. So wurden neben der einaxialen Druckfestigkeit auch die Wasserdurchlässigkeit und die Dichte bestimmt (Tabelle 9).

Tabelle 9: Eigenschaften der abgebundenen Dichtwandmassen [IGH Grundbauinstitut, geändert]

Dichtwandmasse	Dichte	Einaxiale Druckfestig- keit (ca. 28 d)	Wasserdurchlässigkeit k_{10} (ca. 35 d)
-	t/m ³	N/mm ²	m/s
V 3	1,76	0,62	$4 \cdot 10^{-11}$
V 4	1,82	0,64	$2 \cdot 10^{-10}$
V 5	1,82	0,53	$4 \cdot 10^{-10}$
V 6	1,83	1,06	$4 \cdot 10^{-11}$
V 7	1,84	0,97	$2 \cdot 10^{-10}$
V 8	1,80	0,98	$5 \cdot 10^{-11}$
V 9	1,88	1,30	$8 \cdot 10^{-11}$
V 10	1,83	1,02	$2 \cdot 10^{-10}$
V 11	1,78	1,08	$9 \cdot 10^{-11}$

Insgesamt fielen die k-Werte deutlich niedriger aus als der in der Vorplanung angegebene obere Grenzwert von $1 \cdot 10^{-8}$ m/s. Dabei ist allerdings zu beachten, dass ein im Labor ermittelter Wasserdurchlässigkeitsbeiwert in der Regel eine allein vom Material abhängige Größe

darstellt und deshalb auch als Substanzdurchlässigkeit bezeichnet wird. Demgegenüber hängt die Systemdurchlässigkeit der fertig gestellten Dichtwand maßgeblich von weiteren Einflussfaktoren ab. Dazu zählen z.B. die beim Einmischen der Suspension in den Boden erreichte Homogenität sowie die Qualität des Überschnitts zwischen zwei benachbarten Wandelementen. Unabhängig davon ist aus derzeitiger Sicht davon auszugehen, dass die an den Laborproben ermittelten k-Werte ausreichen, um die geforderte Dichtigkeit der MIP-Wand zu erreichen. Diese Einschätzung sollte möglichst frühzeitig an einer vorab hergestellten Probewand überprüft werden.

Als insbesondere geeignete Dichtwandmischung stellen sich nach den Prüfungen die Mischungen V 6 und V 8 bzw. V 10 und V 11 heraus. Diese Mischungen sind zum einen gut verarbeitbar, die Druckfestigkeit liegt bei etwa 1N/mm² und die Durchlässigkeitsbeiwerte erfüllen die Anforderungen.

1.5. Ergebnisse der naturschutzrechtlichen Eingriffsbilanzierung und der FFH-Prüfung

Bei der FFH-Prüfung wurden Maßnahmen durchgeführt um eine Bestandsbeschreibung der betroffenen Biotopflächen sowie des mittelbaren Umfeldes zu machen, welche auch in die naturschutzrechtliche Eingriffsbilanzierung eingingen.

Das Bauvorhaben wurde gemäß § 35 BauGB beurteilt und liegt somit im Außenbereich. Nach § 4 (2) Landschaftsgesetz NW (LG) ist ein Bauvorhaben im Außenbereich ein Eingriff in die Natur und Landschaft. Deshalb war die Baumaßnahme im Rahmen der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung zu beurteilen. Zunächst wurden eine Bestandserfassung und eine Bestandsbewertung durchgeführt. Dabei fand zunächst eine Analyse der abiotischen und biotischen Naturraumfaktoren statt. Anschließend erfolgte eine Bewertung der Umweltauswirkungen. Hierzu wurde der notwendige Flächenbedarf der Baumaßnahme bestimmt. Die dauerhafte Flächeninanspruchnahme wurde zu einer Fläche von ca. 4.300 m² ermittelt. Während der Bauphase wird temporär eine Fläche von ca. 17.200 m² beansprucht.

Um Beeinträchtigungen von Natur und Landschaft so gering wie möglich zu halten, werden alle technischen und planerischen Maßnahmen ausgeschöpft:

- Optimierung des Zeitplans für die Baumaßnahme, z.B. durch die Beachtung von Vogelbrutzeiten bei der Gehölzbeseitigung in der Zeit vom 01. März bis 30. September.

- Schutz vorhandener Bäume und Sträucher, z.B. durch einen Zaun oder eine abgepolsterte Bohlenummantelung werden Bäume und Sträucher vor mechanischen Schäden geschützt.
- Die Flächeninanspruchnahme wurde durch eine geschickte Baustelleneinrichtung (Baucontainer, Materiallager) auf ein Minimum reduziert.
- Der Einsatz schonender Bauverfahren ist zu planen.

Trotz dieser Maßnahmen wären nicht weiter minimierbare Auswirkungen eingetreten, da eine Fläche in einer Größenordnung von 4.300 m² dauerhaft befestigt werden sollte, die Baufläche in Anspruch genommen und geräumt werden sollte. Deshalb wären für die Beeinträchtigung des Boden- sowie des Arten- und Biotoppotentials eine funktional-gleichartige oder -gleichwertige Kompensationsmaßnahmen vorzusehen

Das Ergebnis der naturschutzrechtlichen Eingriffsbilanzierung besagte, dass durch die vorgesehenen Kompensationsmaßnahmen sowohl vor Ort in Form von Wiederbegrünung des Baufelds als auch durch die Ersatzaufforstung in Lünen-Lippholthausen der Eingriff in die Natur, der durch die Sanierungsmaßnahme zu erwarten war, vollständig kompensierbar wäre.

Das Resultat der FFH-Prüfung war eine Wirkungsprognose der geplanten Sanierungsmaßnahme. Durch den Bau der Dichtwand würde eine Unterbindung des Schadstoffaustrags in die Lippe erreicht. Mit der Unterbindung werden die folgenden FFH-Schutzziele umgesetzt:

- Die Wasserqualität beeinträchtigenden Schadstoffausträge werden möglichst weitestgehend reduziert.
- Eine Wiederherstellung des landschaftstypischen Gewässerchemismus erfolgt.
- Eine Erhaltung/Entwicklung der lebensraumtypischen Grundwasserverhältnisse ist möglich.

Jedoch sind auch folgende negative Auswirkungen auf die FFH-Schutz- / Erhaltungsziele potentiell zu erwarten:

- dauerhafter Verlust typischer Strukturen und Vegetation der Aue,
- indirekte Beeinträchtigung der Avifauna und der Amphibienpopulation durch Veränderung der strukturellen Habitatparameter, d.h. Eignung bzw. Qualität der Lebensräume sowie direkte Beeinträchtigung/Störung infolge des Baubetriebs und
- dauerhafter, allerdings kleinflächiger (ca. 6.000 m³) Retentionsraumverlust.

Die geplante Sanierungsmaßnahme lag in einem Natura 2000-Gebiet. Die baulichen Veränderungen bedeuten für das Natura 2000-Gebiet eine erhebliche Beeinträchtigung. Eine Genehmigung des Baus der Sanierungsanlage konnte dennoch erfolgen, da zwingende Gründe des überwiegend öffentlichen Interesses gegeben waren und eine zumutbare Alternative nicht zu konstatieren war.

1.6. Ergebnisse der Elektro-, Mess- und Regeltechnik Planung

Von der Firma horst weyer und partner gmbh wurde im Auftrag der GfV AG (früher Harpen AG) für die Sanierungsmaßnahme die Mess-, Steuer- und Regeltechnik geplant und für die Ausschreibungsunterlagen in Form eines Lastenheftes aufbereitet. Das Lastenheft beinhaltet die technischen Anforderungen und die Ausführung der Arbeiten im Bereich der Elektro-, Mess-, und Regel-Technik.

Die Grundwasseraufbereitungsanlage sollte im Regelbetrieb ohne permanent vor Ort sich aufhaltendes Personal über eine Fernsteuerung vollautomatisch betrieben werden. Die Planung sah vor, dass die Bedienung der Anlage im Normalfall über eine Telefonverbindung (Datenfernübertragung) von einem externen Arbeitsplatz aus fernbedienbar und überwachbar erfolgt und nur bei Wartungs- und Revisionsarbeiten bestimmte Anlagenteile händisch betätigt werden.

Im Lastenheft war gefordert, dass

- die Einweisung des Anlagenpersonals zum Lieferumfang des Auftragnehmers gehört,
- Techniken einzusetzen gewesen wären, die bezüglich Verfügbarkeit und Betriebssicherheit Referenzen beim Einsatz in vergleichbaren Anlagen vorweisen können und
- bei der Auswahl von Geräten und Strukturen während der Planung und Ausführung auf eine Optimierung der Investitions- und Betriebskosten sowie auf eine kostengünstige Instandhaltung Wert gelegt werden sollte, d.h. grundsätzlich sind qualitativ hochwertige Geräte herkömmlicher Bauart einzusetzen.

Im Rahmen des Gesamtkonzeptes war eine vollautomatische Betriebsweise bzw. Prozessführung der Grundwasserreinigungsanlage einschließlich ihrer Nebenanlagen durch die Automatisierung

- der An- und Abfahrvorgänge,
- der normalen Betriebsweise mit schwankenden Konzentrationen und Volumenströmen und
- die selbsttätige Beherrschung von Störungen des Betriebes vorgesehen.

Die Bedienung und Überwachung der Anlage sollte über ein freiprogrammierbares Leitsystem (Prozessleitsystem (PLS)) erfolgen. Die steuerungs- und regelungstechnischen Belange waren für die vollautomatische Betriebsweise so aufeinander abzustimmen, dass daraus ein optimales Betriebsverhalten der Gesamtanlage erreicht wurde. Alle Sicherheits- und Schutzfunktionen für Anlagen und Aggregate mussten in jedem Fall zuverlässig und ohne Handeingriffe über das PLS ablaufen.

Zur Bedienung und Beobachtung war ein System einzusetzen, welches mit Einblendbildern arbeitet und den Bediener situationsbedingt mit Hinweisen zur Bedienung versorgt. Alle Meldungen und Störungen sollten so signalisiert werden, dass bei einer Fernüberwachung über Telefonmodem rechtzeitig und umfassend über den Zustand der Anlage informiert wird.

Für die Grundwassersanierungsanlage wurden die folgenden Betriebsarten definiert:

- Anfahren, d.h. die Motorklappen an den Leitungen der Schachtanlagen werden nach Prüfung der korrekten Einstellung der Schieberkreuze geöffnet,
- Normalbetrieb, d.h. nur Fernüberwachung und bei Druck- bzw. Wasserständen außerhalb des Normalwertebereichs wird Störmeldung gesendet,
- Abfahren, d.h. Abschiebern einzelner Dränagestränge und Wasserfassung durch umliegende Dränage,
- Lippehochwasser, d.h. rechtzeitiges Anfahren der Inlinerpumpen in den Dränagen D1 und D5 und Absperren der Dränagen D2 bis D4 und
- Vorgehensweise bei Störung, d.h. Störungsmeldung versenden und je nach Auslöungsursache werden die Motorklappen betätigt und die Sumpfpumpen in Betrieb genommen und es erfolgt eine Anlageninspektion.

1.6.1. Planung Leit- und Messtechnik

Die Sanierungsanlage sollte aus einem Steuercontainer (EMR-Raum) während der Inbetriebnahme bedient, beobachtet und überwacht werden. Die geplante Lage des einen Steue-

rungscontainers war außerhalb der Hochwasserzone. Der Steuercontainer war als Fertigteil-Garage mit der Abmessung von ca. L x B x H = 3.60 x 2.500 x 3.560 mm (Fertigmaß) geplant, in die ein Doppelboden eingebaut werden sollte, so dass eine lichte Raumhöhe, als Maß Oberkante Fußboden bis Unterkante Decke, von ca. 2.500 mm entsteht. Der Steuercontainer sollte mit Energie versorgt werden, um die EMR-Technik ebenfalls mit Strom versorgen zu können. Eine Verarbeitung sicherheitsgerichteter Signale (im Wesentlichen Not Aus) erfolgt aufgrund der geltenden Sicherheitskriterien (Arbeitsschutz) direkt hartverdrahtet. Der Steuerungscontainer sollte alle notwendigen Überwachungs- und Steuerungselemente der gesamten Grundwassersanierungsanlage beherbergen. Die Ausstattung sollte die Anlagen zur Steuerung der unterirdischen Aufbereitungsanlage (Überwachung, Datenermittlung, Datenvisualisierung, Datenfernübertragung, Steuerung von Inlinerpumpen, Entlüftung, Beleuchtung etc.) umfassen und sollte Vorrichtungen zur Andienung von Betriebsmitteln (Aktivkohle) sowie zur Aufnahme und Weiterleitung von Strom-, Steuer- und Datenkabeln zur Sanierungsanlage enthalten. Darüber hinaus sollte zu Überwachungs- und Steuerungszwecken ein PC-Arbeitsplatz eingerichtet werden, der bei periodischen Wartungseinsätzen während der Versuchsbetriebsphase in den ersten drei Jahre voraussichtlich einmal monatlich für bis zu 3 Std. pro Einsatz von 1-2 Personen genutzt werden sollte, um eine Anlagenprüfung durchzuführen und einen reibungslosen Betrieb der Anlage gewährleisten zu können.

Im Steuercontainer sollten die Schaltschränke zur leittechnischen Steuerung (PLS), die Geräteschränke zur Signalaufbereitung und Auswertung, ein Bildschirm mit dem Prozessleitsystem, einem Bedienplatz mit PC, Tisch und zwei Stühlen, Schrank zur Aufbewahrung der Anlagendokumentation sowie die Niederspannungs-Versorgung mit Leistungsabgängen eingebaut werden, so dass die gesamte Leittechnik im Steuercontainer untergebracht ist. Im Steuercontainer sollten die Aufbereitung der Messsignale und die Verarbeitung/Auswertung der Signale der NS-Schränke erfolgen.

Die Schaltschränke sind in genormten Abmessungen zu liefern (B x T x H = 800 (1200) mm x 400 (600) mm x 1.800 (2.000) mm, bei einer Sockelhöhe von 100 mm). Die Seitenwände sollten leicht abnehmbar und fugenloses Aneinanderreihen der Schränke sollte möglich sein. Die Schränke brauchen nicht abschließbar zu sein, da der Steuercontainer in ein Schließsystem eingebunden werden sollte. Es war eine gute einseitige Zugänglichkeit zu realisieren. Die Gangbreite vor den Schränken und Gestellen durfte 1 m nicht unterschreiten. Darüber hinaus war zu beachten, dass in der Norm 0,5 m Gangbreite bei geöffneten Türen (E-Technik-Schränke) gefordert ist. Kabelführung und Einspeisung haben von unten über den

Doppelboden der Fertigteil-Garage zu erfolgen. Grundsätzlich sollte die Kabelverteilung/Unterverteilung der einzelnen Stromkreise räumlich und optisch getrennt erfolgen nach:

- Leistungsverkabelung und
- Steuersignal-/ Messsignalverkabelung

Die kontinuierliche Grundwasserreinigungsanlage ist aufgrund des Genehmigungsbescheides eine Anlage, die ohne sicherheitsgerichtete Signalverarbeitung ausgerüstet werden kann. Nur „Not Aus“, musste in einer hartverdrahteten Verriegelung, z. B. Hauptschalter „Aus“, erfolgen. Die Signale von Schutzeinrichtungen sind in einer herkömmlichen Steuerung, kabelbruchsicher (sicherheitsgerichtet) zu verarbeiten.

Bei der Auslegung/Ausführung der EMR-Technik der Sanierungsanlage war die Erweiterungsfähigkeit der Hard- und Software zu berücksichtigen. Sowohl bei der Schaltschrankanzahl (Platzbedarf) und der Belegung der Schaltschränke im Steuerungscontainer, als auch in Bezug auf die Ausführung der Verkabelung waren Erweiterungsmöglichkeiten vorzusehen. Bei der Belegung der Schaltschränke im Steuerungscontainer als auch in Bezug auf die Ausführung der Verkabelung war eine Platzreserve zu berücksichtigen. Die Reserven wurden, auf Basis der im Leistungsverzeichnis angegebenen Lieferumfänge unter Berücksichtigung der Größe der Anlagen ermittelt. Somit ergibt sich eine Reserve von:

- | | |
|-------------------------|-------------------------|
| • Schränke, Steckplätze | 0% Platz-Reserve |
| • Elektronikarten | 10% Reservekanäle |
| • Reihenklemmen | 20% Klemmenplatzreserve |

In Bezug auf die Prozessleittechnik sollten ausschließlich Systeme zum Einsatz kommen, die ausbaufähig und aufwärtskompatibel sind. Die Grenzen der Erweiterungsfähigkeit (z.B. Zahl und Art der Ein-/ Ausgabekanäle usw.) ist durch die Größe des Steuerungscontainers gegeben.

1.6.2. Elektrotechnik

Die Niederspannungsschaltanlage der Sanierungsanlage sollte der Einspeisung, Verteilung, Erzeugung und Bereitstellung der elektrischen Energie dienen, die als Netzform TN-C

(3x400V/PE, 50Hz, 2kA) aus der öffentlichen Versorgung neu verlegt werden sollte und Bestandteil der Anlage werden sollte. Der Übergabepunkt war ca. 650 m von der GWR entfernt. Zur Verteilung der Energie für den Bereich der Sanierungsanlage musste eine neue NS-Verteilung geplant werden. Die Aufstellung folgender Schaltfelder ist erforderlich:

- Hauptschalter und Abgänge für Stell-Antriebe und Pumpenmotore mit Direktantrieb und
- für den Einbau der Steuerspannungsversorgung 230 VAC, 24 VDC, Licht- und Steckdosenverteilung

Die Sammelschiene hinter dem Hauptlastschalter war durch den Auftragnehmer mit einem 3-Phasen-Wandler zur Kontrolle des Energie-Verbrauches auszurüsten. Es war ein Zähler mit galvanisch isolierten Eingängen und Impulsausgang einzusetzen. Der Impulsausgang war in das PLS zu integrieren, um die verbrauchte Leistung auszuwerten.

Der Steuercontainer ist mit einem entsprechenden Blitzschutz und Potentialausgleich zu versehen.

1.6.3. Ablauf des Austausches der Aktivkohle

Bei Beladung der Aktivkohle bzw. nach Anweisung des Auftraggebers wäre die Aktivkohle in den Adsorberbehältern zu wechseln. Hierzu würde die einzubauende Aktivkohle mit entsprechenden Silofahrzeugen angeliefert, die über die Möglichkeit verfügen müssen, Aktivkohle mittels Schlauchleitungen an entsprechenden Übergabestellen in die vorgesehenen Anlagenkomponenten einzuspeisen. Zunächst müsste die beladene Aktivkohle aus der Anlage in das Fahrzeug überführt werden und im zweiten Arbeitsschritt müsste die frische Aktivkohle eingespeist werden. Die Andienung der Aktivkohle wäre über den auch für Schwerlastverkehr erreichbaren Steuerungscontainer erfolgt. Dort sind entsprechende Kupplungen für die An- bzw. Ablieferung der Aktivkohle geplant worden. Vom Container wäre der Aktivkohle-Transport über unterirdisch verlegte Rohrleitungen erfolgt. Dadurch ist sicher gestellt, dass das Risiko eines ungewollten Austrittes der Aktivkohle weitgehend ausgeschlossen wird und ggf. im Bereich des Steuerungscontainers gut zu handhaben ist. Nach Freischaltung des Zutritts in die Aufbereitungsanlage (Austausch der Luft, Prüfung der Atmosphäre, Beleuchtung etc.) vom Steuerungscontainer wäre das Fahrzeug an die entsprechenden Stutzen der Anlage angeschlossen worden. Vor Beginn der Leerung wäre die entsprechende Sammelleitung abgeschiebert und falls noch nicht geschehen, an einen Polizeifilter anhand des Schieberkreuzes angebunden worden. Die Aktivkohle-Adsorber sollten derart ausgestattet werden, dass die Aktivkohle über einen Ablassstutzen oder nach oben über ein vorhandenes Mannloch abgesaugt werden kann. Der Aktivkohle-Transport sollte zunächst über eine flexib-

le Leitung DN100 zu einer fest installierten Sammelleitung bis zum Steuerungscontainer und von dort in das Transportfahrzeug erfolgen. Die Energie für die eigentliche Absaugleistung wird über ein entsprechendes Servicefahrzeug mit fest installierter Luftförderanlage zur Verfügung gestellt. Mit dieser Art des Aktivkohle-Transportes mit dem Transportmedium Luft wird sichergestellt, dass auch eine Teilentleerung der AK-Behälter von oben der im Regelbetrieb von oben nach unten durchströmten Adsorber ermöglicht wird. Mittels der im Lieferfahrzeug installierten Pumpen würde die angelieferte Aktivkohle in den Anlieferungsstutzen eingeleitet. Über eine Aktivkohle-Topleitung (Verbindende Rohrleitung am Top der Adsorber) würde nach entsprechender Freischaltung des Adsorbers durch den Auftraggeber die Aktivkohle in den Adsorberbehälter gedrückt.

Konstruktiv war es ebenfalls vorgesehen, die Dränage- und Sammelleitungen für die Sammlung des anströmenden Grundwassers mechanisch zu reinigen, um langfristig das Funktionieren der hydraulischen Maßnahme zu sichern. Am Ostende jeder Dränage wurde die Dränageleitung nur zu Revisionszwecken in das Schachtbauwerk geführt, im Regelbetrieb ist die Leitung hier durch einen Schieber und einen Blindflansch geschlossen. Am Westende wird die Dränageleitung offen in das Schachtbauwerk geführt. Für Revisionszwecke kann die Dränageleitung auch hier abgeschiebert werden. Die im Schachtbauwerk am Westende abgehenden Dränage-, Sammel- und Molchleitungen können für Reinigungszwecke durch eine flexible Leitung innerhalb des Schachtbauwerkes verbunden werden. Für alle Reinigungsarbeiten in den Dränage- und Sammelleitungen müssten die zugehörigen Schachtbauwerke leer gepumpt werden. Der geringe Wasserandrang ermöglicht nach Abschiebern der Leitungen ein Abpumpen mittels einfacher Unterwasserpumpen mit einer Förderleistung von max. 5m³/h. Das abzupumpende Rohwasser würde in die nächst gelegenen Schachtbauwerke geleitet und von dort der jeweiligen Reinigungsstufe für die Dauer der Reinigung (max. 2-3h) zugeführt. Nach Leeren der Schachtbauwerke würde die Hochdruckdüse am Ostende eingebaut. Dann würde die zu reinigende Dränageleitung mit der im Schachtbauwerk ankommenden Molchleitung verbunden. Im Molch- und Sammelschacht würde vor dem Reinigungsvorgang die Molchleitung geöffnet. Das am Westende ankommende Schlammwasser würde durch die Molchleitung zum Molch- und Sammelschacht geführt und würde diesen füllen. Nach Abschluss des Vorganges würden die Schieber geschlossen und der Molch- und Sammelschacht würde vom Saugfahrzeug aus geleert. Zur Unterstützung des Absaugvorganges wird eine im Schacht zu installierende Druckerhöhungspumpe eingesetzt. Nach Abschluss der Reinigung würde die verbindende Leitung im westlichen Sammelschacht der Dränage ausgebaut, der Blindflansch am Ostschacht aufgeschraubt, die Pum-

pen in den Schächten würden außer Betrieb genommen, die Leitung im Molch- und Sammelschacht würde geschlossen, der Zulauf zum Adsorber frei gegeben und abschließend würden die Schieber der Dränageleitung in den Revisionsschächten geöffnet. Zur Reinigung der Sammelleitung würde im Westschacht der Dränagen der Rohwasserzulauf für die Dauer des Reinigungsaktion (ca. 2-3h) abgeschiebert. Nach Leeren des Schachtes (s.o.) würde ein Molch mit zugehöriger Druckleitung an die Sammelleitung installiert. Der Molch und das Schlammwasser würden analog zum oben beschriebenen Reinigungsvorgang der Dränageleitung in den Molch- und Sammelschacht geleitet und von dort nach Absetzen über das Schlammfahrzeug entsorgt.

Durch die Möglichkeit, für den Reinigungsvorgang ein quasi geschlossenes System Leitung-Entsorgungsfahrzeug zu schaffen, wird sichergestellt, dass das beim Reinigungsvorgang anfallende kontaminierte Wasser insgesamt entweder durch die vorhandene Reinigungsanlage dekontaminiert wird oder als Schlammwasser komplett entsorgt werden kann. Selbst bei nicht immer mit der erforderlichen Sicherheit auszuschließenden Leckagen oder Havarien während des Reinigungsvorganges ist eine Gefährdung ausgeschlossen, da alle Arbeiten auf der Anstromseite der Wand anfallen und ggf. absickerndes Schmutzwasser vom Gesamtsystem aufgefangen wird.

1.7. Erstellung der Ausschreibungsunterlagen

Nach abschließender Festlegung der technischen Ausführungsvariante standen anschließend im Bearbeitungszeitraum die Erstellung der Ausschreibungsunterlagen und die Auswertung der eingegangenen Angebote im Vordergrund.

Da die Angebotspreise von der Kostenschätzung deutlich abwichen wurden zur Aufklärung der Angebotsinhalte für die drei Bieter angebotsspezifisch ausführliche Fragenkataloge zur gewählten Bauausführung und zum Kalkulationsansatz erstellt. Im Rahmen der Vergabemitarbeitung erfolgte unter Beachtung der ergänzenden Erläuterungsschreiben eine ausführliche kaufmännische und technische Angebotsprüfung.

Die bei der Ausschreibung gewonnenen Erkenntnisse zum Bau einer Dichtwand, einer Dränagenwasserfassung und des Aufbereitungsbauwerkes liefern konkrete Ansätze zur Ergänzung des vorliegenden RUBIN-Handbuchs.

Auf Veranlassung des Projektnehmers wurde als zusätzliche Leistung die monetäre Neuprüfung des Variantenvergleichs auf Basis einer aktuellen Kostenabschätzung der Bau- und Betriebskosten für eine zur Reinigungswand alternative Brunnengalerie mit on site-Aufbereitungsanlage durchgeführt. Dieser Kostenvergleich weist für die ausgeschriebene Dichtwandvariante mit unterirdischer Aufbereitungsanlage unter Zugrundelegung von Schätzspreisen sowie unter Berücksichtigung einer Laufzeit von mehreren Jahrzehnten einen Kostenvorteil gegenüber einer klassischen pump and treat-Maßnahme auf.

Nach Auswertung und Prüfung der eingegangenen Angebote für die Erstellung und Betrieb der Dichtwand wurde festgestellt, dass aufgrund einer erheblichen Abweichung von der ursprünglichen Kostenschätzung kein Kostenvorteil zur klassischen Brunnengalerie vorhanden war.

2. Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Die ehemalige Harpen AG, ab dem 01.04.2007 dann die GfV AG, haben im Zeitraum 01.4.2006 bis 30.08.2007 im Rahmen des Projektes alle planmäßigen und erforderlichen Maßnahmen veranlasst und entsprechende Partnerunternehmen mit der Durchführung der in diesem Zusammenhang notwendigen Leistungen beauftragt.

Die nachstehende Darstellung gibt eine Übersicht über die über die am Projekt beteiligten Unternehmen sowie über die von diesen erbrachten Leistungen (in alphabetischer Reihenfolge):

- **Altenbockum & Partner, Geologen, Aachen**
Planung und externe fachliche Projektsteuerung
- **delta h Ingenieurgesellschaft mbH, Dortmund**
Erstellung von Grundwassermodellierungen
- **Geotechnisches Büro Prof. Dr. Ing. H. Düllmann GmbH, Aachen**
Durchführung von Baugrunduntersuchungen
- **Fluhme & Sohn, Bohrungen, Bergkamen**
Erstellung einer zusätzlichen Kreidegrundwassermessstelle
- **Dipl.-Ing. Max Gatzke, öffentlich bestellter Vermessungsingenieur, Lünen**
Topographische Aufnahme der Lippeterassen

- **GfV AG vormals HARPEN AG, Dortmund**
Personal- und Reisekosten
- **Hermanns Architekten • Ingenieure • Landschaftsarchitekten, Hattingen**
Erstellung der naturschutzrechtlichen Eingriffsbilanzierung
- **horst weyer und partner, Düren**
Planung der Mess- und Regeltechnik für die Sanierungsanlage
- **Röhrenwerk Kupferdreh Carl Hamm GmbH, Essen**
Lieferung von Grundwasserstandsdatenloggern
- **TAXUS, Baum und Landschaftspflege, Lünen**
Rodungsarbeiten
- **Universität Lüneburg, Institut für Ökologie und Umweltchemie, Lüneburg**
Durchführung von Untersuchungen der Aktivkohle

3. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Sämtliche Arbeiten, die im Zeitraum 01.04.2006 bis 30.08.2007 erbracht wurden, waren vor dem Hintergrund einer planmäßigen Durchführung des Projektes – sowohl inhaltlich als auch im Hinblick auf den Zeitpunkt der Leistungserbringung – erforderlich.

Die Vergabe der Leistungen erfolgte auf der Grundlage einer sachgerechten Planung des Leistungsumfangs und unter Berücksichtigung einer sorgfältigen Auswahl der zu beauftragenden Partnerunternehmen.

Die jeweils durch die geleisteten Arbeiten erzielten Ergebnisse waren wesentliche und notwendige Meilensteine im Rahmen des Gesamtvorhabens.

Die Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeiten war somit ohne Einschränkungen gegeben.

4. Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere der Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans

Die Erkenntnisse aus dem Projekt sind ohne Zweifel für eine Übertragbarkeit auf andere Standorte zur Grundwassersanierung mit Aktivkohle geeignet. Jedoch ist es aufgrund der Projektbeendigung nicht möglich, eine Aussage bezüglich der realen Reinigungsleistung der

geplanten Sanierungsanlage zu treffen. Aus diesem Grunde ist eine hohe Planungssicherheit und Akzeptanz für weitere Planungen nur bedingt gegeben. Außerdem ist eine Verifizierung der Ergebnisse in Bezug auf ihre Aussageverlässlichkeit, Prognostizierbarkeit und Verallgemeinerbarkeit nur in eingeschränktem Maße möglich. Da die Ergebnisse und Erkenntnisse zum größten Teil nur theoretischer Natur sind, wird es zu keiner Darstellung des Projektes bei Statusseminaren, Workshops und Kongressen kommen.

Durch die aktive Mitarbeit von Herrn Dr. Dreschmann (FOCON GmbH) und Herrn Altenbockum (Altenbockum & Partner, Geologen) im ITVA Arbeitskreis „Innovative in-situ-Verfahren“ fließen die Ergebnisse in eine neue Arbeitshilfe ein, ebenso wie in die universitäre Lehre.

5. Während der Durchführung des Vorhabens der GfV AG bekannt gewordener Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Für die Planung der Maßnahme wurden intensiv die Änderungen im RUBIN Handbuch verfolgt und genutzt.

Wesentliche Quellen waren zudem zwei bereits umgesetzte und seit längerem betriebene Großprojekte mit ihren jeweiligen Ansprechpartnern:

- Gaswerk München, Dipl.-Ing. Jörg Weindl und
- Brunn am Gebirge, Herr Dr. Peter Niederbacher

Durch umfangreiche und wiederholte Diskussionen und Beteiligungen der genannten Personen bei Beiratssitzungen dieses Projektes konnte auf die besonderen Erfahrungen der Großprojekte zurückgegriffen werden.

Die Ergebnisse aus einem durchgeführten 200-tägigen Säulenversuches im Rahmen des vom BMBF geförderten KORA-Projektes sind in die weiteren Arbeiten des Projektes „Anwendung von Reinigungswänden für die Sanierung von Altlasten“ bei der Universität Lüneburg zur Chemie der Stickstoff-Heterocyclen eingeflossen.

Für eine Vorbereitung und Mitwirkung bei der Vergabe einer Reinigungswand wurden relevante Kriterien des Handbuchs berücksichtigt. Weitere für die geplante Sanierungsmaßnahme zu beachtende Projektergebnisse aus laufenden RUBIN-Vorhaben sind im Bearbeitungszeitraum nicht bekannt geworden.

6. Erfolgte bzw. geplante Veröffentlichung des Ergebnisses

Bis zur vorzeitigen Beendigung des Projektes am 30.08.2007 sind seitens der GfV AG keinerlei Veröffentlichungen im Sinne der Ziffer 11 NKBF 98 erfolgt. Es sind auch keine Veröffentlichungen für die Zukunft geplant.

Berichtsblätter

Die nachstehenden Berichtsblätter beinhalten in Kurzfassung die wesentlichen fachlichen Inhalte des Schlussberichtes in Deutscher und Englischer Sprache.

1. ISBN oder ISSN Keine Publikation	2. Berichtsart Schlussbericht gemäß Ziffer 8.2 NKBF 98	
3. Titel Schlussbericht gemäß Ziffer 8.2 NKBF 98 zum Verbundprojekt „Anwendung von Reinigungswänden für die Sanierung von Altlasten, RUBIN II“		
4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)] GfV Gesellschaft für Vermögensverwaltung AG Flamingoweg 1 44139 Dortmund	5. Abschlussdatum des Vorhabens 30.08.2007	
	6. Veröffentlichungsdatum keine Publikation	
	7. Form der Publikation keine Publikation	
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) GfV Gesellschaft für Vermögensverwaltung AG Flamingoweg 1 44139 Dortmund	9. Ber. Nr. Durchführende Institution Keine Berichtsnummer	
	10. Förderkennzeichen 02WR0776	
	11. Seitenzahl 93	
13. Fördernde Institution (Name, Adresse) Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 53170 Bonn	12. Literaturangaben 79	
	14. Tabellen 9	
	15. Abbildungen 28	
16. Zusätzliche Angaben Keine zusätzlichen Angaben		
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum) Keine Vorlage des Schlussberichtes		
18. Kurzfassung Die Reinigung von kontaminiertem Grundwasser mittels einer Reinigungswand ist in Deutschland noch nicht Stand der Technik. Die Elemente wie Wasserhaltung mit Dichtwand, Wasserfassung mit Dränagen und Reinigung mit Aktivkohle sind anerkannte Verfahren. Eine Kombination dieser Elemente für eine komplexe Anwendung einer Grundwassersanierung ist jedoch noch nicht mehrfach nachgewiesen. Das Ziel des Vorhabens der Grundwassersanierung am Standort Lünen Victoria 1/2 war Praxiserfahrung für eine Grundwassersanierungsanlage mittels einer Dichtwand (Mixed-in-Place Verfahren) und anschließender Reinigung mit Aktivkohle zu sammeln. Hierzu wurden neben den bei einem Bauvorhaben typischen Baugrunduntersuchungen und Vermessungsarbeiten auch standortspezifische Untersuchungen hinsichtlich der Eignung von Aktivkohlesorten und der Dichtwandmasse für die angetroffenen Kontaminationen von PAK und BTEX durchgeführt. Mit der Sanierungsanlage sollte der vorhandene Austrag an Schadstoffen in den Vorfluter Lippe dauerhaft unterbunden werden. Für die Dimensionierung der Anlage wurde ein numerisches instationäres dreidimensionales Grundwasserströmungs- und -transportmodell für den Standort Lünen Victoria 1/2 erstellt. Bei der vorzeitigen Beendigung des Projektes lag eine fertige Ausführungsplanung für die Grundwassersanierungsanlage vor. Es wurden für die Aktivkohle und für die Dichtwandmasse geeignete Materialien gefunden. Inwiefern die gewonnenen Erkenntnisse auf andere Standorte zu übertragen ist, kann nicht abschließend beurteilt werden.		
19. Schlagwörter Grundwassersanierung, Aktivkohle, Dichtwand, Mixed-in-Place Verfahren, numerische Grundwassermodellierung		
20. Verlag Keine Publikation	21. Preis Keine Publikation	

1. ISBN or ISSN no publication	2. type of document final report according to cypher 8.2 NKBF 98	
3. title final report according to cypher 8.2 NKBF 98 for the cooperative project „Anwendung von Reinigungswänden für die Sanierung von Altlasten, RUBIN II“		
4. author(s) (family name, first name(s)) GfV Gesellschaft für Vermögensverwaltung AG Flamingoweg 1 44139 Dortmund	5. end of project 30.08.2007	
	6. publication date no publication	
	7. form of publication no publication	
8. performing organization(s) (name, address) GfV Gesellschaft für Vermögensverwaltung AG Flamingoweg 1 44139 Dortmund	9. originator's report no. no report number	
	10. reference no. 02WR0776	
	11. no. of pages 93	
13. sponsoring agency (name, address) Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 53170 Bonn	12. no. of references 79	
	14. no. of tables 9	
	15. no. of figures 28	
16. supplementary notes no additional statements		
17. presented at (title, place, date) The final report is not presented.		
18. abstract The groundwater remediation of contaminated groundwater by a permeable reactive barrier is not state-of-the-art in Germany yet. The elements like water drainage with a grout curtain, water catchment with drainages and waterpurification with activated carbon are recognized proceedings. A combination of these elements for a complex application of groundwater decontamination is not repeatedly proved yet. The target of the project of the groundwater decontamination at the site Lünen Victoria 1/2 was to collect practice experience for a groundwater decontamination plant by a grout curtain (Mixed-in-Place method) and following waterpurification with activated carbon. For this next to a civil project typical subsurface investigations and survey works also site specific studies were executed concerning the qualification of the activated carbon types and the grout curtain material for the found contaminations PAK and BTEX. With the decontamination plant the existing discharge of pollutants into the receiving water Lippe should be stopped permanently. For the dimensioning of the plant a numeric transient three-dimensional groundwater flow and transport model was created for the site Lünen Victoria 1/2. At the premature end of the project a ready practical plan was available for the groundwater decontamination plant. Suitable materials for the activated carbon and for the grout curtain were found. To what extent the extracted cognitions can be transfer to other sites cannot be finally evaluated.		
19. keywords groundwater decontamination, activated carbon, permeable reactive barrier, Mixed-in-Place method, numeric groundwater modelling		
20. publisher no publication	21. price no publication	